

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт - кибернетики

Направление подготовки (специальность) - Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Кафедра - Автоматизации и роботизации в машиностроении

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
«Исследование кинематики и динамики волнового бортового редуктора транспортной машины»

УДК621.83.06.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ41	Аёшин Г. Г.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Крауиньш П. Я.	д. т. н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юдахина О. Б.	к. э. н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пустовойтова М. И.	к. х. н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
АРМ	Буханченко С. Е.	к. т. н., доцент		

Томск – 2016 г.

Обзор литературы

В данном разделе рассмотрим общеизвестную классификацию редукторов, методику их расчета. Для начала узнаем, что же собой представляет редуктор?

Само слово от латинского «reduce» - понижение. Редуктор понижает частоту вращения и повышает мощность крутящего момента.

Редуктор (механический) — механизм, передающий и преобразующий крутящий момент, с одной или более механическими передачами. Основные характеристики редуктора — КПД, передаточное отношение, передаваемая мощность, максимальные угловые скорости валов, количество ведущих и ведомых валов, тип и количество передач и ступеней.

Обычно редуктором называют устройство, преобразующее высокую угловую скорость вращения входного вала в более низкую на выходном валу, повышая при этом вращающий момент, такой редуктор обычно называют демультипликатором, а редуктор, который преобразует низкую угловую скорость в более высокую обычно называют мультипликатором.

Редуктор со ступенчатым изменением передаточного отношения называется коробкой передач, с бесступенчатым — вариатор.

В ряде учебных пособий и книг излагают следующие типы редукторов:

Цилиндрические

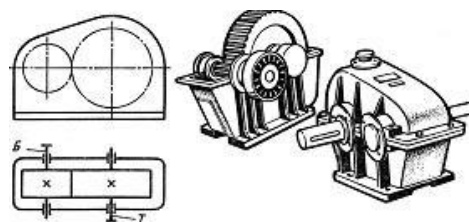


Рис 1. [2]

Конические

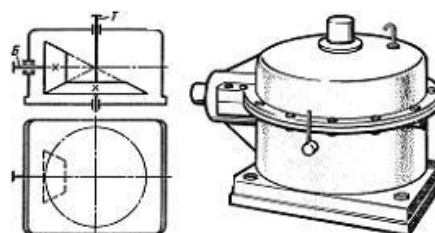


Рис 2. [2]

Планетарные

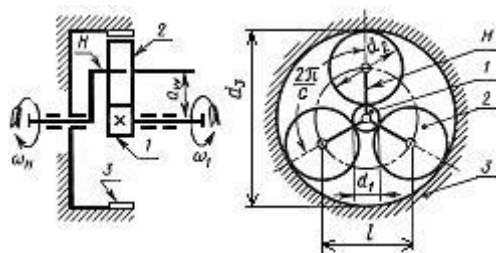


Рис 3. [2]

Червячные

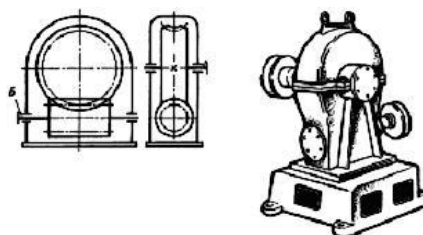


Рис 4. [2]

Гипоидные (гиперболоидные)



Рис 5. [2]

Комбинированные редукторы – это редукторы 2-х и более ступеней, включающие в себя разные комбинации передач. Например, редуктор с червячно-цилиндрический.

Волновые

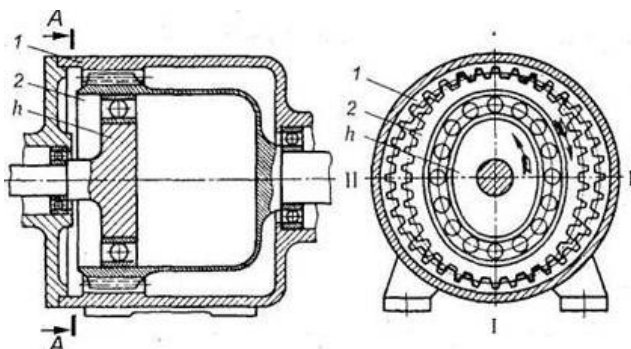


Рис 6. [4]

Классификация зубчатых передач:

По типу зубьев:

Прямозубые, косозубые, шевронные, криволинейные.

По форме профиля зубьев:

Эвольвентные, круговые (передача Новикова), циклоидальные (синусоидальные), цевочные (разновидность циклоидальных).

В настоящее время ведется активное развитие новых тип передач. Широкое распространение получили волновые редукторы, передачи с промежуточными телами качения.

Приведем небольшую таблицу исследований, посвященных новым типам передач.

Таблица 1

Годы	Научные разработки	Авторы
23-26 ноября 2010 г.	Исследование профиля зубчатого зацепления кинематического волнового редуктора с торцевыми зубьями	Вершинина Е. А., Крауиньш П. Я., д.т.н, профессор
-	Кинематический волновой редуктор с торцевыми шаровыми зубьями	Симачева А. В., Крауиньш П. Я., д.т.н., профессор
2015 г.	Анализ возможности изменения точности изготовления профильных циклоидальных колес передачи с ПТК.	Покатилов Д. А., Ефременков Е. А., доцент кафедры ФВТМ

Классификация редукторов

Прежде всего, редукторы классифицируются по типам механических передач: цилиндрические, конические, червячные, планетарные, волновые, спироидные и комбинированные. Далее рассмотрим их подробнее.

Также редукторы можно классифицировать по типу корпусов, по способу охлаждения, по типам используемых подшипников, по скоростям вращения, передаточному числу; передаваемой, преобразуемой, распределяемой мощности.

1. Коническо-цилиндрический редуктор — механический редуктор, который содержит в себе одну коническую и цилиндрические передачи. Такой редуктор необходим в случае если оси валов подвода и отбора мощности пересекаются. Редуктор может быть горизонтальным и вертикальным, в зависимости от необходимости. Конические колеса (в первой ступени) выполняются преимущественно с криволинейным профилем зуба, так как первая ступень испытывает наибольшие угловые и линейные скорости (до 60000 об\мин), то плавность работы колесами с прямым зубом не может быть достигнута.

2. Планетарный редуктор, дифференциальный редуктор — один из классов механических редукторов. Редуктор называется планетарным из-за планетарной передачи, находящейся в редукторе, передающей и преобразующей крутящий момент. Планетарный редуктор может быть с одной или более планетарными передачами.

Применяется в планетарных редукторах, в грузовых лебёдках, в электроинструменте, в ведущих мостах и колёсах, в коробке передач.

Состоит из:

- Солнечная шестерня — в центре редуктора.
- Коронная шестерня (эпицикл) — на периферии редуктора.
- Сателлиты — три малые шестерни между солнечной и коронной.
- Водило — не показано (механически соединяет все сателлиты); сателлиты вращаются на осях водила.

Принцип действия: в зависимости от кинематической схемы привода вращение может подводиться к любому элементу редуктора и сниматься с любого другого. При этом третий элемент должен быть заторможен. Меняя схему подвода и снятия крутящего момента в рамках одной планетарной передачи можно получать разные передаточные числа и направления вращения. Эта возможность используется в планетарных коробках передач.

3. Червячный редуктор — устройство, преобразующее угловую скорость и момент двигателя, используя червячную передачу.

Редуктор червячный — один из классов механических редукторов. Редукторы классифицируются по типу механической передачи. Редуктор называется червячным по виду червячной передачи, находящейся внутри редуктора, передающей и преобразующей крутящий момент. Винт, который лежит в основе червячной передачи, внешне похож на червяка, отсюда и название. Червячный редуктор может быть с одной или более механическими планетарными передачами.

В червячном редукторе увеличение крутящего момента и уменьшение угловой скорости выходного вала происходит за счет преобразования энергии, заключенной в высокой угловой скорости и низком крутящем моменте на входном валу.

В червячных редукторах используется червячная передача. Червячная передача состоит из винта, называемого червяком, и червячного колеса, представляющего собой разновидность косозубого колеса.

Червячные передачи относятся к зубчато-винтовым. Если в зубчато-винтовой передаче углы наклона зубьев принять такими, чтобы зубья шестерни охватывали её вокруг, то эти зубья превращаются в витки резьбы, шестерня — в червяк, а передача — из винтовой зубчатой в червячную.

Ведущее звено червячной передачи в большинстве случаев — червяк, а ведомое — червячное колесо. Обратная передача зачастую невозможна — КПД червячного редуктора в совокупности с передаточным отношением вызывают самостопорение редуктора.

Волновая передача — механическая передача, передающая движение за счет циклического возбуждения волн деформации в гибком элементе. Передача движения может производиться посредством зубьев, винтового принципа, а также фрикционного контакта.

Принцип действия: состоит из жесткого неподвижного элемента — зубчатого колеса с внутренними зубьями, неподвижного относительно корпуса передачи; гибкого элемента — тонкостенного упругого зубчатого колеса с наружными зубьями, соединенного с выходным валом; генератора волн — кулачка, эксцентрика или другого механизма, растягивающего гибкий элемент до образования в двух (или более) точках пар зацепления с неподвижным элементом. Число зубьев гибкого колеса несколько меньше числа зубьев неподвижного элемента. Число волн деформации равно числу выступов на генераторе. В вершинах волн зубья гибкого колеса полностью входят в зацепление с зубьями жесткого, а во впадинах волн — полностью выходят из зацепления. Линейная скорость волн деформации соответствует скорости вершин выступов на генераторе, то есть в гибком элементе существуют бегущие волны с известной линейной скоростью. Разница чисел зубьев жесткого и гибкого колёс обычно равна (реже кратна) числу волн деформации.

Достоинства волновой передачи:

- большое передаточное отношение, при малом количестве деталей ($i = 80-320$)
- улучшенные массо-габаритные характеристики по сравнению с обычными зубчатыми передачами
- высокая кинематическая точность и плавность хода
- высокая нагрузочная способность
- передача момента через герметичные стенки

Недостатки волновой передачи:

- высокая напряженность основных элементов гибкого колеса и генератора волн
- пониженная крутильная жесткость.

Применение волновой передачи: волновые передачи применяют в авиационной и космической технике, в промышленных роботах и манипуляторах, в приводах грузоподъёмных машин, станков, конвейеров и др.

Существуют герметичные волновые передачи, передающие вращение в герметизированной полости, находящейся в химически агрессивной или радиоактивной среде, или в глубоком вакууме, а также существуют конструкции, служащие приводами герметических вентилях.

Волновые передачи применяются при больших передаточных отношениях, когда требуется повышенная кинематическая точность и низкий уровень шума. Оптимальное передаточное отношение, которое зависит от материала гибкого элемента, составляет 75...320. Коэффициент полезного действия (при передаточном отношении 100) составляет 0,9.

Определим, что такое передаточное отношение:

Передаточным отношением редуктора называют отношение угловой скорости ведущего вала к угловой скорости ведомого вала:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

где ω_1 — угловая скорость ведущего вала; ω_2 — угловая скорость ведомого вала.

Область применения редукторов

В настоящее время **редукторы** применяются во всех областях промышленности. Для строительной и землеройной техники предлагаются стандартные и специальные редукторы. Разработанный модельный ряд отличается тем, что редукторы могут быть установлены непосредственно в обычный колесный или гусеничный привод, обеспечивая, тем самым, больший клиренс для машин, работающих в сложных условиях. В сельском и лесном хозяйстве к приводам подъемников, поворотных механизмов, погрузчиков, шнеков комбайнов, транспортеров предъявляются жесткие требования к надежности, долговечности и эффективности. В горнодобывающей промышленности редукторы доказывают свою исключительную

работоспособность и надежность, отлично подходят для приводов лебедок, различных конвейеров, транспортеров или подъемников, особенно в стесненных условиях. Также планетарные редукторы нашли свое применение в приводах мельниц на цементных заводах, где требуется передавать огромные моменты. Высокие требования по надежности и долговечности, предъявляемые на энергетических объектах и в нефтеперерабатывающей промышленности, являются основной причиной, по которой применение редукторов является предпочтительным в системах отопления, приводах высоконагруженных мешалок, генераторных установок, вентиляторов и дымососов, винтовых компрессоров. Большое количество примеров применения редукторов можно встретить и в области пищевой индустрии, где, как правило, требуется реализовать цикл нагружения, характеризующийся низкими оборотами при высоком крутящем моменте: приводы мешалок, мельниц, дробилок, экструдеров и конвейеров различного типа, спиральных морозильных аппаратов.

Объект и методы исследования.

Объектом исследования является волновой бортовой редуктор транспортной машины.

Выбор кинематической схемы

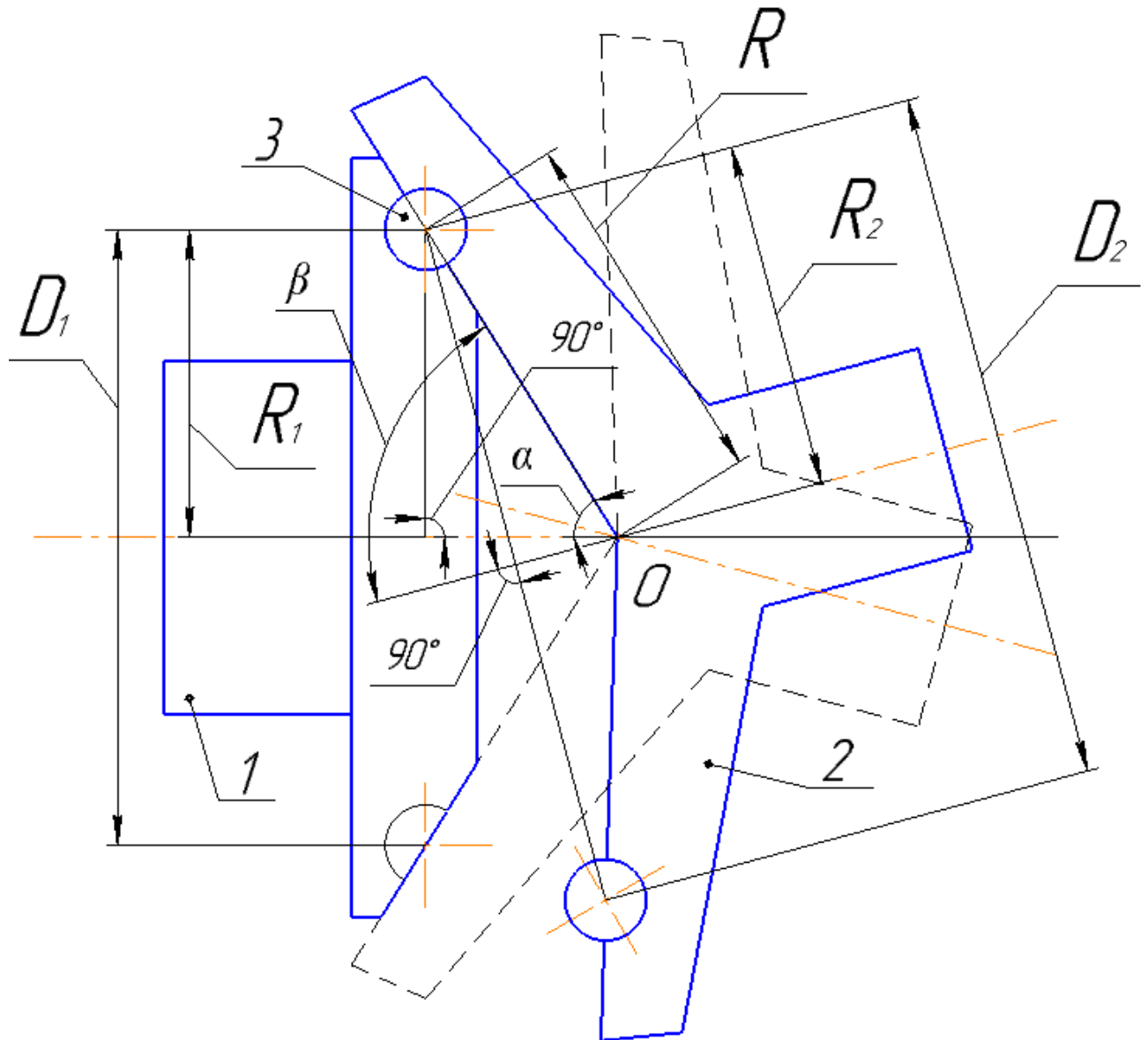


Рис 8. Кинематическая схема волнового редуктора.

На рисунке показаны: 1 – шестерня; 2 – колесо; 3 – зуб колеса в форме шара.

Где 2α – угол при вершине конуса шестерни 1, 2β – угол при вершине внутреннего конуса колеса 2.

Входные данные:

$N = 5$ кВт – мощность электродвигателя, $n = 3000$ об/мин – частота вращения электродвигателя.

В волновой передаче передаточное отношение определяется:

$$i = \frac{z_2}{z_2 - z_1}, \quad (1)$$

где i – передаточное отношение;

z_1 – количество зубьев шестерни;

z_2 – количество зубьев колеса.

Принимаем зубья в форме шариков. Считаем, что шарики закрепляются на колесе при помощи сварки, либо вкручиваются в колесо.

Данный редуктор выбрал синтез планетарной, волновой, конической и цевковой передачи.

Расположение колеса с шестерни под углом как у конических передач. Расчет зубьев производится таким же образом, но данная передача является внутренней т.к. колесо взаимодействует с шестерней через внутреннюю поверхность, что напоминает внутреннее зацепление планетарных колес. Закрепление зубьев, как у цевковых передач. Процесс передачи движения от колеса к шестерни производится сканированием колеса по шестерни (галомирование колеса), что является важной особенностью данного редуктора.

Принцип работы волнового редуктора:

Предполагается, что входной колесо сделано заодно с гидроприводом. Соответственно на входной вал передается момент, который заставляет колесо обкатываться по шестерни относительно т. О (галопировать).

Расчет габаритных размеров

Принимаем следующее количество зубьев:

$z_1 = 49$ – количество зубьев шестерни;

$z_2 = 50$ – количество зубьев колеса.

Так как передача имеет свойство зацепления Новикова, то примем согласно таблице стандартных значений модулей (таблица 1):

Таблица 1

1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд	1-й ряд	2-й ряд
1,6		6,3		25	
2,0	1,8	8	7,1		28
2,5	2,25	10	9	31,5	35,5
3,15	2,8	12,5	П,2	40	45
4	3,55	16	14	50	56
5	4,5	20	18	63	
	5,6		22,4		

Примем значение из 1-го ряда $m = 2,5$. Это примерно, $m = 2,5 \approx r$. Где r – радиус зуба колеса в форме шара. Примем $r = 2,5$ мм.

Тогда, исходя из кинематической схемы, можно вычислить:

Шаг зубьев колеса (шестерни):

$$P = m \cdot \pi = r \cdot \pi$$

$$L = r \cdot \pi \cdot z_i$$

Где L – длина делительной окружности колеса (шестерни).

$$L = 2 \cdot \pi \cdot R_i$$

Где R_i – радиус делительной окружности колеса (шестерни).

Теперь приравниваем оба уравнения, получим:

$$r \cdot \pi \cdot z_i = 2 \cdot \pi \cdot R_i$$

$$r \cdot z_i = 2 \cdot R_i$$

$$R_i = \frac{r \cdot z_i}{2}$$

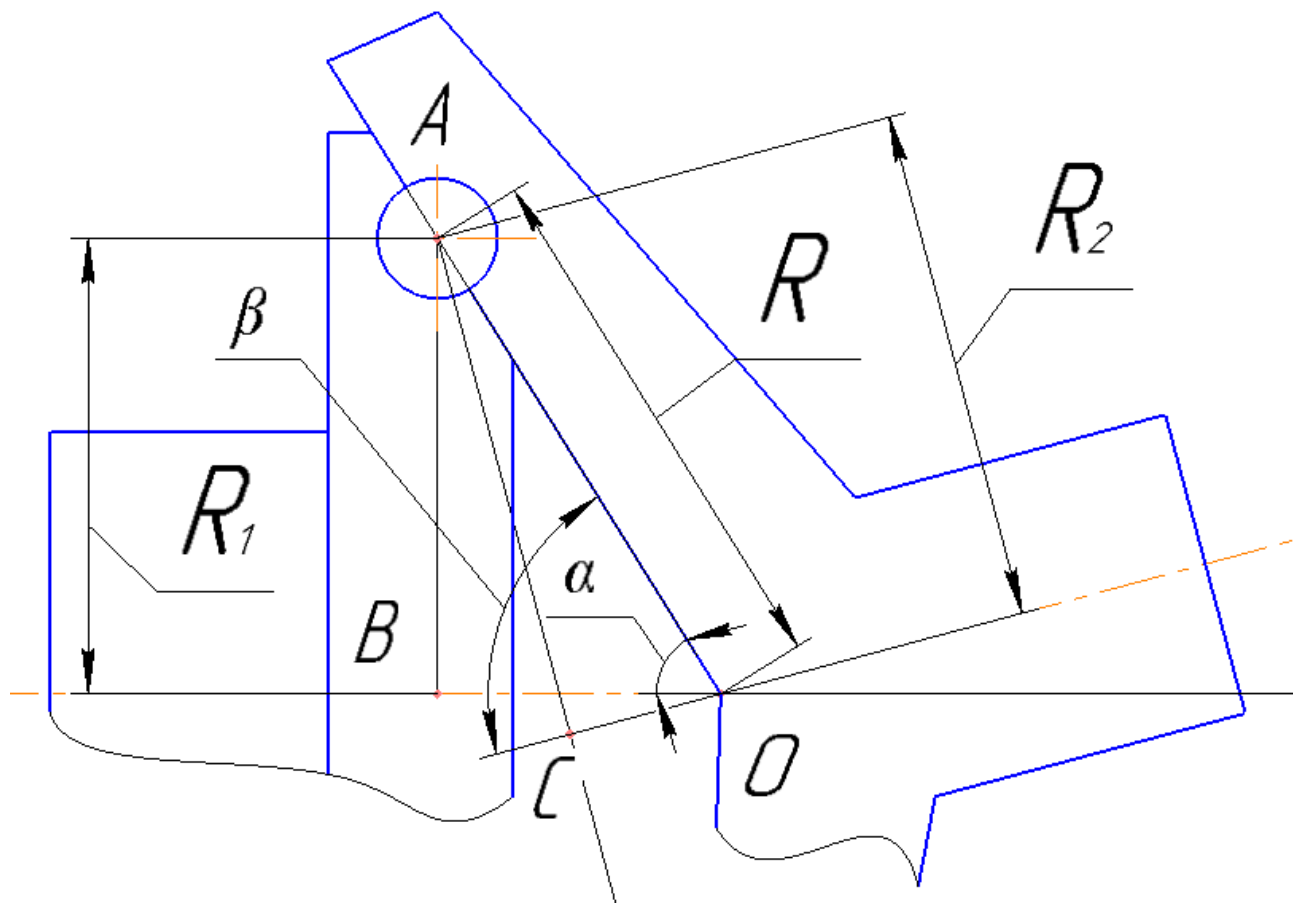
$$R_1 = \frac{2,5 \cdot 49}{2} = 61,25 \text{ мм}$$

$$R_2 = \frac{2,5 \cdot 50}{2} = 62,5 \text{ мм}$$

$R_1 = 61,25$ мм – радиус делительной окружности шестерни;

$R_2 = 62,5$ мм – радиус делительной окружности колеса.

Найдем углы α и R :



По данной картинке рассмотрим прямоугольные треугольники $\triangle ABO$ и $\triangle ACO$ с общей стороной R :

$$R = \frac{R_1}{\sin \alpha} \text{ или } R = \frac{R_2}{\sin \beta}$$

Приравниваем оба уравнения, получаем следующее соотношение:

$$\frac{R_1}{\sin \alpha} = \frac{R_2}{\sin \beta}$$

Имеем две неизвестные переменные α и β . В таком случае, примем значение $\beta = 90^\circ \div 0^\circ$, тогда:

$$\sin \alpha = \frac{R_1 \cdot \sin \beta}{R_2}$$

В соответствии с принятым диапазоном угла β получим следующие значения α и R вычисленные в Microsoft Excel. Полученные значения приведены в таблице 2.

Таблица 2

β	$\sin\beta$	$\sin\alpha = (R1*\sin\beta)/R2$	α	$R = R1/\sin\alpha$	$R = R2/\sin\beta$
90	0,999999682931835	0,979999689273198	78,561396860838500	62,50001982	62,50001982
89	0,999833641745013	0,979836968910113	78,514616659581600	62,51039912	62,51039912
88	0,999363350256088	0,979376083250966	78,383122067333300	62,53981596	62,53981596
87	0,998588951575195	0,978617172543691	78,169727138467600	62,58831514	62,58831514
86	0,997510681352568	0,977560467725516	77,878741127161300	62,65597068	62,65597068
85	0,996128867706834	0,976206290352697	77,515569476196800	62,74288601	62,74288601
84	0,994443931125163	0,974555052502660	77,086280664512100	62,84919445	62,84919445
83	0,992456384335316	0,972607256648610	76,597206133599500	62,97505965	62,97505965
82	0,990166832149620	0,970363495506628	76,054615659559200	63,12067620	63,12067620
81	0,987575971280923	0,967824451855304	75,464483967951300	63,28627044	63,28627044
80	0,984684590130583	0,964990898327972	74,832344329734600	63,47210125	63,47210125
79	0,981493568548561	0,961863697177589	74,163213817738500	63,67846107	63,67846107
78	0,978003877565674	0,958443800014361	73,461571412784400	63,90567710	63,90567710
77	0,974216579098118	0,954732247516156	72,731371388052200	64,15411248	64,15411248
76	0,970132825624319	0,950730169111833	71,976077787840000	64,42416786	64,42416786
75	0,965753859834238	0,946438782637553	71,198709640186400	64,71628290	64,71628290
74	0,961081014251215	0,941859393966191	70,401889924124900	65,03093816	65,03093816
73	0,956115710826484	0,936993396609954	69,587893943330300	65,36865705	65,36865705
72	0,950859460506470	0,931842271296341	68,758694638631100	65,73000806	65,73000806
71	0,945313862773008	0,926407585517548	67,916003630763600	66,11560717	66,11560717
70	0,939480605156619	0,920690993053487	67,061307578736600	66,52612056	66,52612056
69	0,933361462722991	0,914694233468531	66,195899908683200	66,96226756	66,96226756
68	0,926958297532827	0,908419131582171	65,320908222660500	67,42482393	67,42482393
67	0,920273058075219	0,901867596913715	64,437317815566500	67,91462539	67,91462539
66	0,913307778674718	0,895041623101223	63,545991765128400	68,43257165	68,43257165
65	0,906064578872288	0,887943287294842	62,647688050143500	68,97963065	68,97963065
64	0,898545662780330	0,880574749524723	61,743074118162100	69,55684345	69,55684345
63	0,890753318411966	0,872938252043727	60,832739279193500	70,16532940	70,16532940
62	0,882689916984797	0,865036118645101	59,917205254735800	70,80629199	70,80629199
61	0,874357912199335	0,856870753955348	58,996935165839800	71,48102525	71,48102525
60	0,865759839492344	0,848444642702498	58,072341202192800	72,19092079	72,19092079
59	0,856898315265304	0,839760348959998	57,143791177227200	72,93747565	72,93747565
58	0,847776036088234	0,830820515366470	56,211614142157700	73,72230087	73,72230087
57	0,838395777879126	0,821627862321544	55,276105204369200	74,54713114	74,54713114
56	0,828760395059231	0,812185187158047	54,337529672283700	75,41383538	75,41383538
55	0,818872819684455	0,802495363290766	53,396126629204700	76,32442853	76,32442853
54	0,808736060553130	0,792561339342068	52,452112022176200	77,28108471	77,28108471
53	0,798353202290438	0,782386138244629	51,505681338124700	78,28615182	78,28615182
52	0,787727404409753	0,771972856321558	50,557011928048100	79,34216793	79,34216793
51	0,776861900351199	0,761324662344175	49,606265030415900	80,45187951	80,45187951
50	0,765759996497713	0,750444796567759	48,653587536933800	81,61826197	81,61826197
49	0,754425071168908	0,739336569745530	47,699113537128800	82,84454267	82,84454267
48	0,742860573593047	0,728003362121187	46,742965672621100	84,13422683	84,13422683
47	0,731070022857441	0,716448622400292	45,785256327263000	85,49112677	85,49112677
46	0,719057006837584	0,704675866700833	44,826088675400900	86,91939499	86,91939499
45	0,706825181105366	0,692688677483259	43,865557607221200	88,42356168	88,42356168
44	0,694378267816671	0,680490702460338	42,903750547367700	90,00857731	90,00857731
43	0,681720054578728	0,668085653487154	41,940748180681400	91,67986123	91,67986123
42	0,668854393297535	0,655477305431585	40,976625096942600	93,44335722	93,44335722
41	0,655785199005722	0,642669495025607	40,011450364822400	95,30559716	95,30559716
40	0,642516448671201	0,629666119697777	39,045288043838300	97,27377428	97,27377428
39	0,629052179986973	0,616471136387234	38,078197641902900	99,35582769	99,35582769
38	0,615396490142456	0,603088560339607	37,110234525033200	101,56054024	101,56054024
37	0,601553534576701	0,589522463885167	36,141450284911100	103,89765234	103,89765234
36	0,587527525713892	0,575776975199614	35,171893069240900	106,37799467	106,37799467
35	0,573322731681502	0,561856277047872	34,201607879207700	109,01364371	109,01364371
34	0,558943475011494	0,547764605511265	33,230636837791200	111,81810468	111,81810468
33	0,544394131324977	0,533506248698477	32,259019432216900	114,80652785	114,80652785
32	0,529679128000692	0,519085545440678	31,286792733418300	117,99596529	117,99596529

31	0,514802942827764	0,504506883971209	30,313991595031600	121,40567740	121,40567740
30	0,499770102643102	0,489774700590240	29,340648834139900	125,05750078	125,05750078
29	0,484585181953882	0,474893478314804	28,366795395719700	128,97629215	128,97629215
28	0,469252801545516	0,459867745514605	27,392460502512800	133,19046747	133,19046747
27	0,453777627075545	0,444702074534034	26,417671791846000	137,73266083	137,73266083
26	0,438164367653877	0,429401080300800	25,442455440749800	142,64053541	142,64053541
25	0,422417774409798	0,413969418921602	24,466836280571500	147,95778915	147,95778915
24	0,406542639046198	0,398411786265274	23,490837902148600	153,73541173	153,73541173
23	0,390543792381454	0,382732916533825	22,514482752488600	160,03326956	160,03326956
22	0,374426102879406	0,366937580821818	21,537792223803700	166,92212300	166,92212300
21	0,358194475167880	0,351030585664522	20,560786735654000	174,48622001	174,48622001
20	0,341853848546203	0,335016771575279	19,583485810877700	182,82666779	182,82666779
19	0,325409195482174	0,318901011572531	18,605908145915900	192,06586927	192,06586927
18	0,308865520098932	0,302688209696953	17,628071676078700	202,35343842	202,35343842
17	0,292227856652200	0,286383299519156	16,649993636244700	213,87420322	213,87420322
16	0,275501267998357	0,269991242638390	15,671690617438200	226,85920996	226,85920996
15	0,258690844053802	0,253517027172726	14,693178619688500	241,60112906	241,60112906
14	0,241801700246093	0,236965666241172	13,714473101534400	258,47626355	258,47626355
13	0,224838975957315	0,220342196438169	12,735589026507400	277,97671526	277,97671526
12	0,207807832960161	0,203651676300958	11,756540906896400	300,75863412	300,75863412
11	0,190713453847199	0,186899184770255	10,777342845072600	327,71678526	327,71678526
10	0,173561040453807	0,170089819644731	9,798008572626250	360,10385647	360,10385647
9	0,156355812275248	0,153228696029743	8,818551487553990	399,72930389	399,72930389
8	0,139103004878373	0,136320944780805	7,838984689710380	449,30733204	449,30733204
7	0,121807868308433	0,119371710942264	6,859321014727450	513,10314242	513,10314242
6	0,104475665491485	0,102386152181655	5,879573066589590	598,22543083	598,22543083
5	0,087111670632880	0,085369437220223	4,899753249040590	717,46988143	717,46988143
4	0,069721167612317	0,068326744260071	3,919873795989380	896,42790189	896,42790189
3	0,052309448375952	0,051263259408433	2,939946801072640	1194,81282905	1194,81282905
2	0,034881811326057	0,034184175099536	1,959984246525090	1791,76475143	1791,76475143
1	0,017443559708706	0,017094688514532	0,979998031502766	3582,98426719	3582,98426719

Выбор оптимальных размеров редуктора обоснование

Необходимо выбрать такой тип размеров волнового редуктора. Чтобы получился наименьший возможный угол зазора $\Delta = 2*(\beta - \alpha)$ между колесом и шестерней.

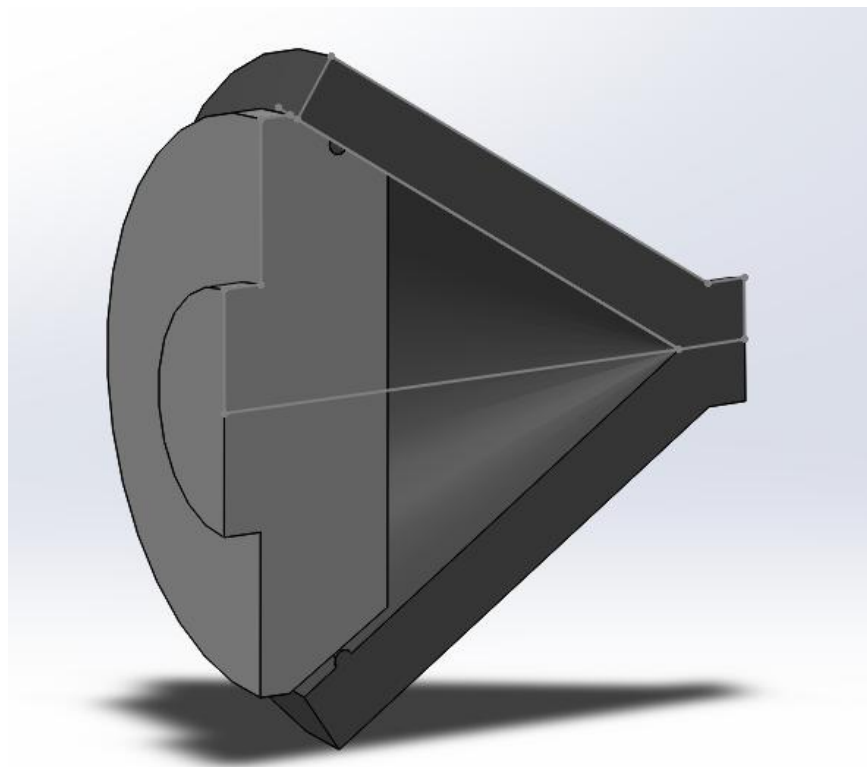
Ведь чем меньше этот угловой зазор, тем значит меньшее перемещение будет совершать колесо. А значит для перемещения колеса нужно будет меньше энергии.

Проверку углового зазора будем производить через интерференцию в программе SolidWorks.

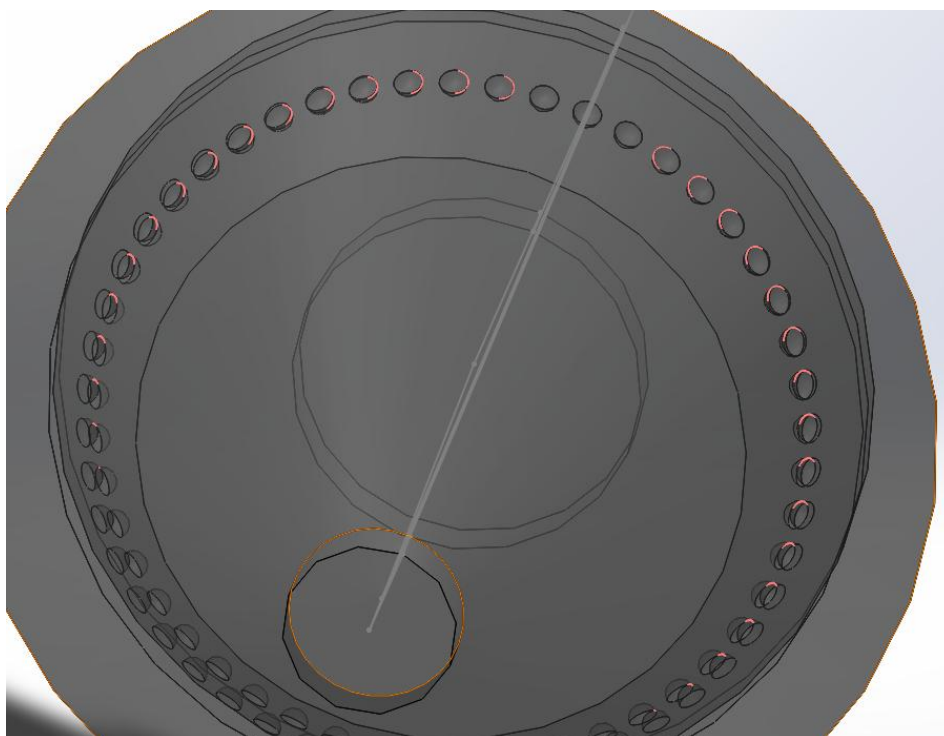
Проверка производилась следующим образом:

- Построение 3D – модели зубчатого зацепления волнового редуктора;
- Изменение параметров колеса и шестерни согласно таблицы 2;
- Смотрим интерференцию при каждом значении β .

Имеем следующий вид 3D – модели зубчатого зацепления волнового редуктора, согласно кинематической схемы:



Изменяем параметры, согласно таблицы 2 и проверяем интерференцию зубьев. Пример интерференции:



Сведем полученные данные в сводную таблицу 3.

Таблица 3

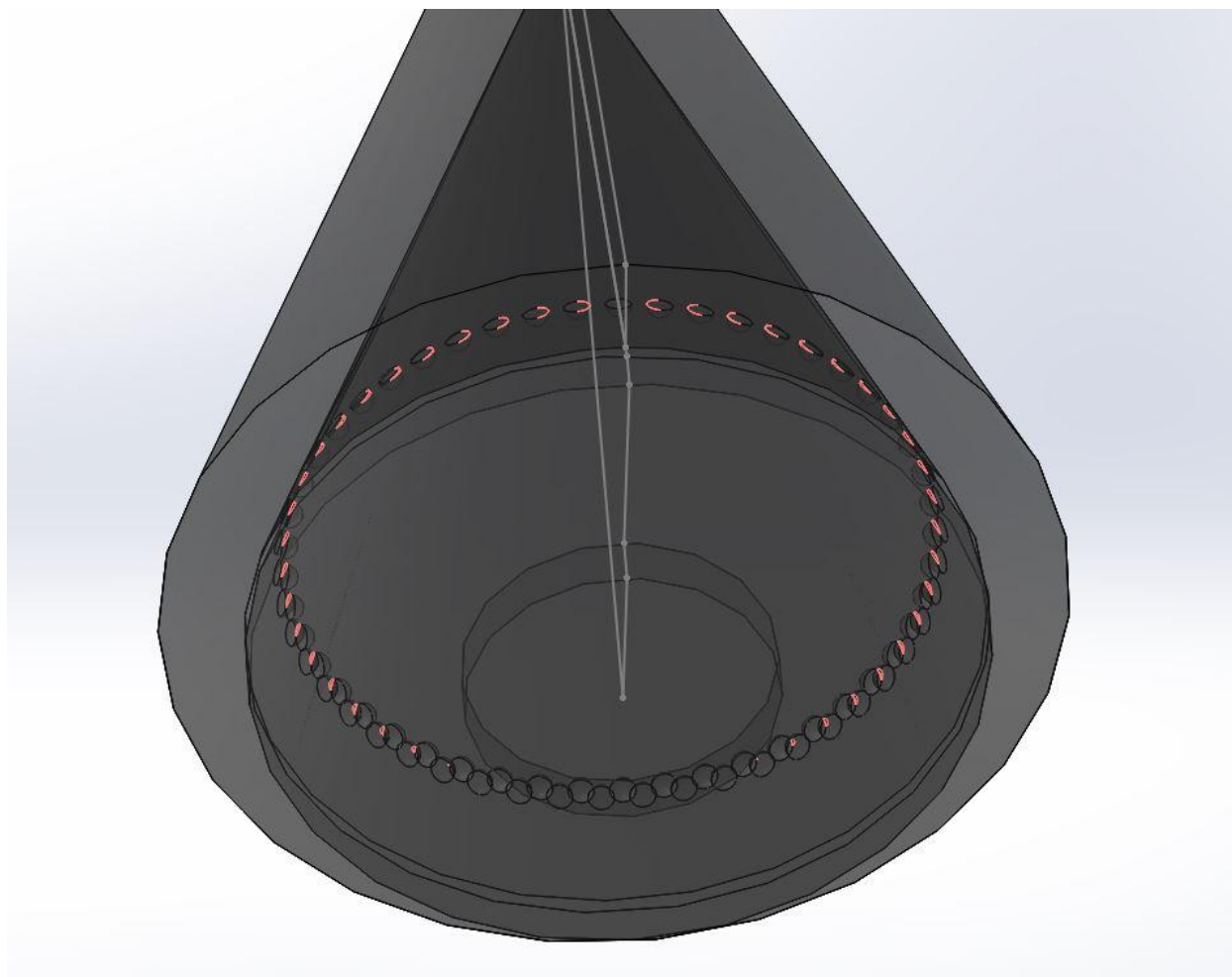
β^0	α^0	Число зубьев, участвующих в интерференцией
90	78,5613968608385	2
89	78,5146166595816	2
88	78,3831220673333	2
87	78,1697271384676	2
86	77,8787411271613	2
85	77,5155694761968	2
84	77,0862806645121	2
83	76,5972061335995	2
82	76,0546156595592	2
81	75,4644839679513	2
80	74,8323443297346	2
79	74,1632138177385	2
78	73,4615714127844	2
77	72,7313713880522	2
76	71,9760777878400	4
75	71,1987096401864	4
74	70,4018899241249	4
73	69,5878939433303	4
72	68,7586946386311	4
71	67,9160036307636	4
70	67,0613075787366	6
69	66,1958999086832	6
68	65,3209082226605	6
67	64,4373178155665	6
66	63,5459917651284	8
65	62,6476880501435	8
64	61,7430741181621	8
63	60,8327392791935	10
62	59,9172052547358	10
61	58,9969351658398	10
60	58,0723412021928	12
59	57,1437911772272	12
58	56,2116141421577	12
57	55,2761052043692	14
56	54,3375296722837	14
55	53,3961266292047	14
54	52,4521120221762	16
53	51,5056813381247	16
52	50,5570119280481	18
51	49,6062650304159	18
50	48,6535875369338	20
49	47,6991135371288	20
48	46,7429656726211	22
47	45,7852563272630	22
46	44,8260886754009	24
45	43,8655576072212	24
44	42,9037505473677	24
43	41,9407481806814	26
42	40,9766250969426	26
41	40,0114503648224	28
40	39,0452880438383	28
39	38,0781976419029	30
38	37,1102345250332	30
37	36,1414502849111	32
36	35,1718930692409	32
35	34,2016078792077	34
34	33,2306368377912	34
33	32,2590194322169	34

32	31,2867927334183	36
31	30,3139915950316	36
30	29,3406488341399	36
29	28,3667953957197	38
28	27,3924605025128	38
27	26,4176717918460	38
26	25,4424554407498	38
25	24,4668362805715	40
24	23,4908379021486	40
23	22,5144827524886	40
22	21,5377922238037	40
21	20,5607867356540	40
20	19,5834858108777	42

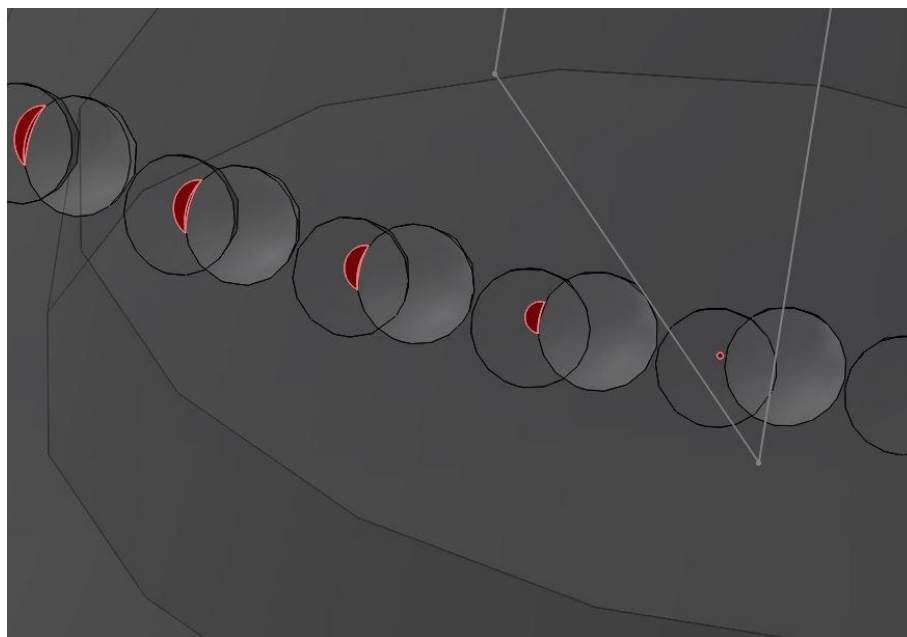
При значениях $\alpha = 20,560786735654^0$ и $\beta = 21^0$ зубья колеса не входят в интерференцию непосредственно с самим телом шестерни.

А при значениях $\alpha = 19,5834858108777^0$ и $\beta = 20^0$ зубья колеса уже входят в интерференцию непосредственно с самим телом шестерни, что является неприемлемым.

Представлен рисунок при $\alpha = 19,5834858108777^0$ и $\beta = 20^0$:



Увеличенный рисунок контакта зубьев с телом шестерни.

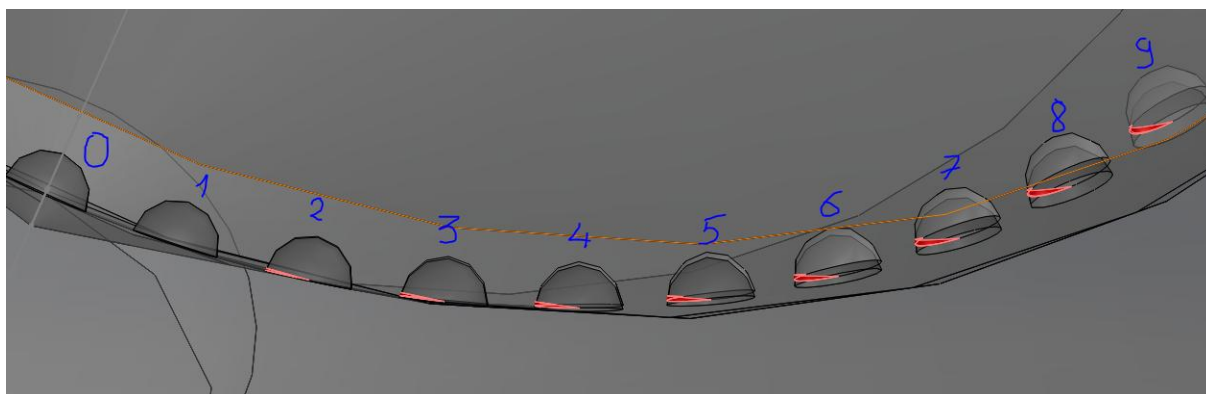


Таким образом, минимальное значения:

$$\Delta = \beta - \alpha = 2 \cdot (21^\circ - 20,560786735654^\circ) = 0,87842652869194^\circ.$$

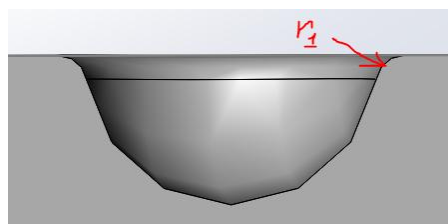
Теперь рассмотрим характер самой интерференции.

Представлен рисунок интерференции увеличенный.



Где показаны зубья со своим номером. Под зуб № 0 – зуб, который вошел в зацепление полностью без интерференции.

Произведены расчеты параметров зубчатого зацепления и по логике не должно быть интерференции. Однако она есть, поэтому для её устранения сделаем скругления впадин в шестерни следующим образом:



Примем максимально допустимое значение скругления равное $r_1 = 0,5$ мм.

Получили следующую таблицу значений таблица 4.

Таблица 4

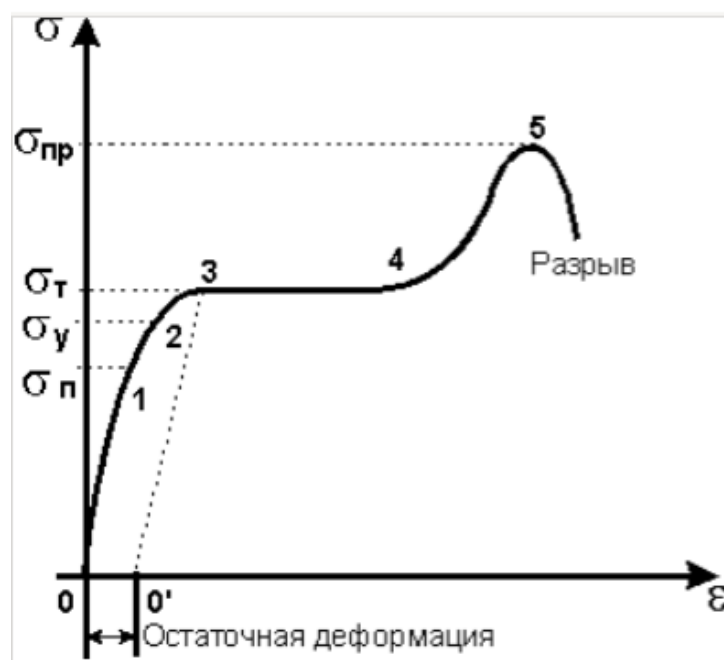
β^0	α^0	r_1 , мм
64	61,7430741181621	0,05
48	60,8327392791935	0,02
40	59,9172052547358	0,34
37	58,9969351658398	0,41
34	58,0723412021928	0,48
33	57,1437911772272	0,51
32	56,2116141421577	0,54
29	55,2761052043692	0,63
25	54,3375296722837	0,76

При значениях $\alpha = 58,0723412021928^0$ и $\beta = 34^0$ скругления впадин в шестерни $r_1 = 0,48$ мм. При этих параметрах выполняются условия:

- зубья колеса не входят в интерференцию непосредственно с самим телом шестерни;
- $r_1 \leq 0,5$ мм.

Проверка нагрузочной способности зубьев

Примем материал зубьев - хромистая сталь ШХ15-Ш. Предел текучести $\sigma_{0,2}=1670$ МПа



Колесо зафиксируем в нулевом положении, а шестерню будем поворачивать.

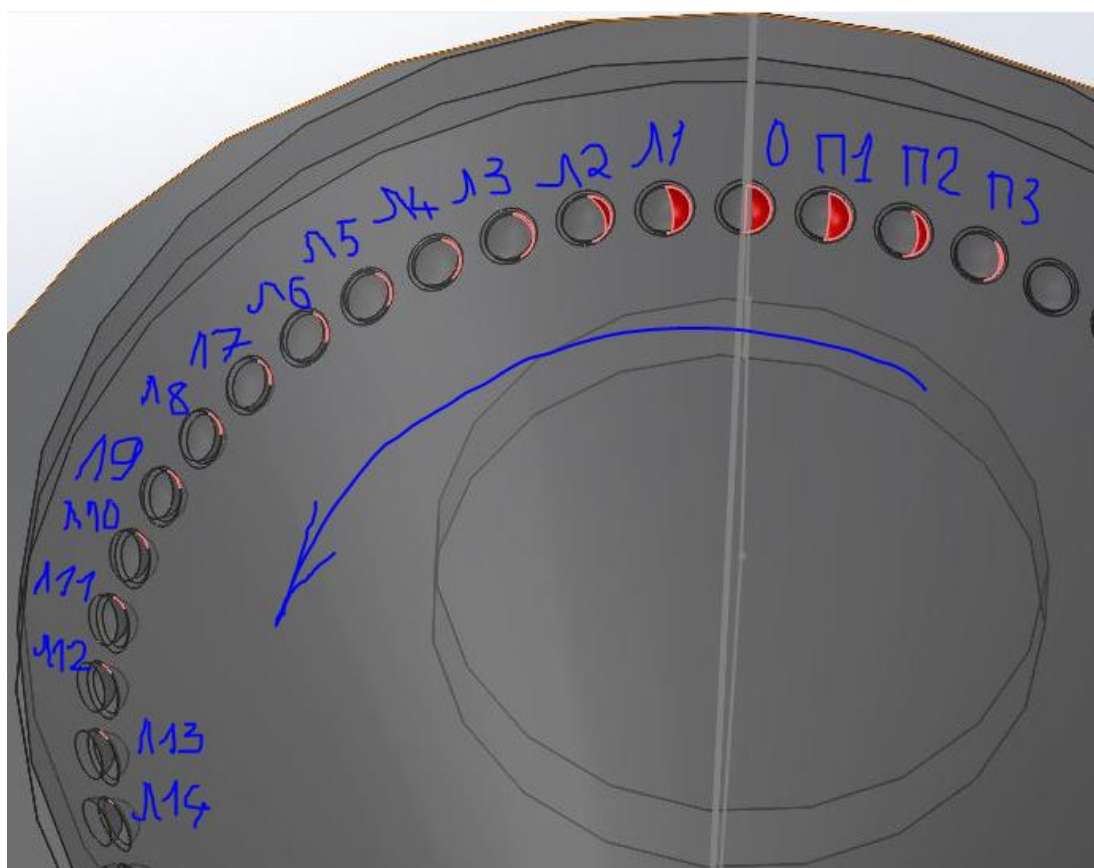


Таблица 5

Поворот шестерни		Интерференция зубьев W , мм ³															
		левый (правый)															
Минуты	Градусы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0,016666667	0,14	0,06	0,01 (0,0022)	0,0023	0,00056	0,00028	0,00021	0,00044	0,00085	0,0013	0,0016	0,0014	0,00065	$1,3 \cdot 10^{-5}$		
2	0,033333333	0,29	0,2 (0,19)	0,07 (0,04)	0,03 (0,0014)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,0036	0,0011		
3	0,05	0,44	0,34 (0,33)	0,17 (0,13)	0,08 (0,02)	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,004	0,00051	
4	0,066666667	0,59	0,49 (0,48)	0,29 (0,24)	0,15 (0,06)	0,09 (0,0012)	0,06	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,01	0,004	0,01	0,0023
5	0,083333333	0,75	0,64 (0,63)	0,41 (0,36)	0,24 (0,12)	0,14 (0,01)	0,1	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,01	0,004	0,01	0,00018

6	0,1	0,9	0,79	0,55 (0,5)	0,34 (0,21)	0,21 (0,04)	0,15 (5,7*10 ⁻⁵)	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,02	0,1	0,0012
7	0,116666667	1,06	0,95 (0,94)	0,69 (0,64)	0,45 (0,3)	0,29 (0,08)	0,22 (5,7*10 ⁻⁵)	0,16	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07	0,05	0,03	0,02	0,0031

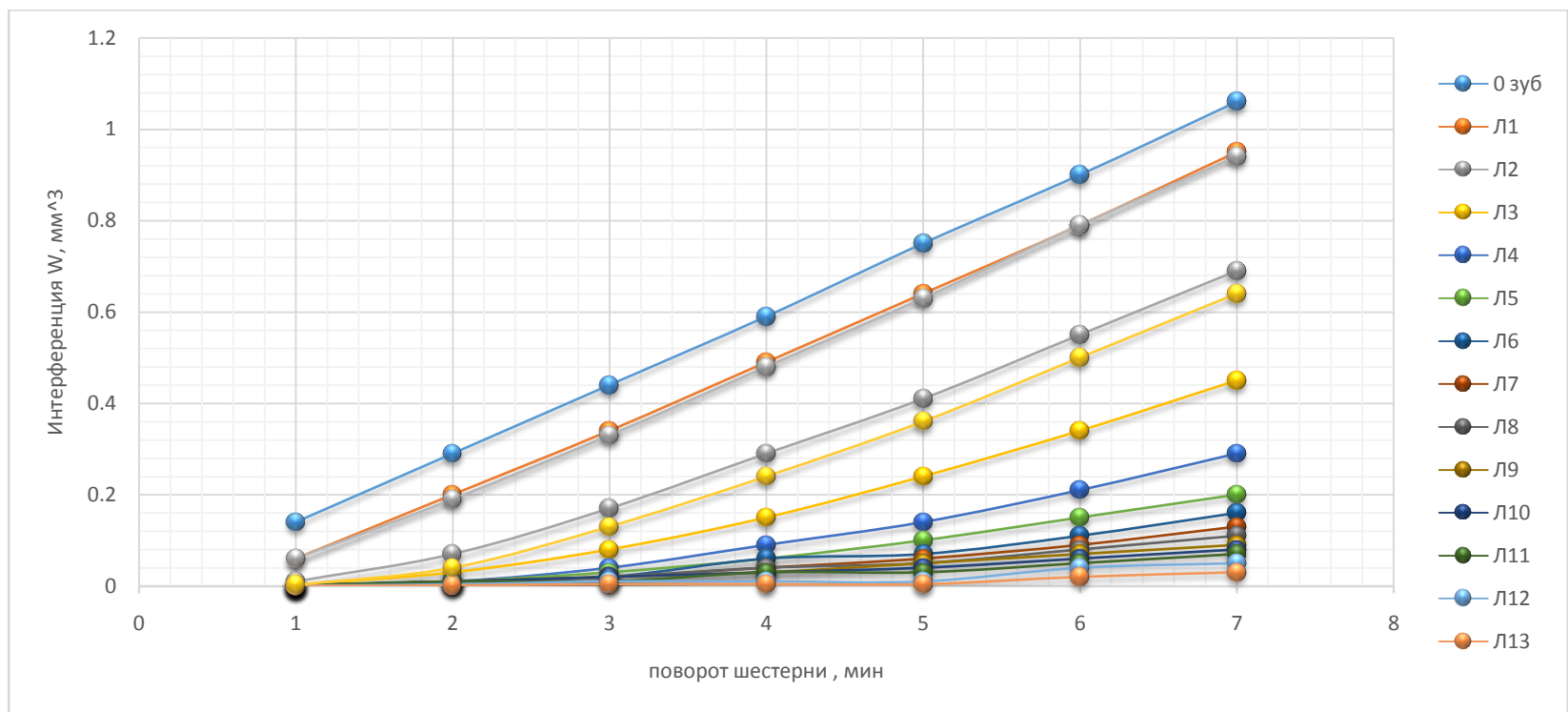
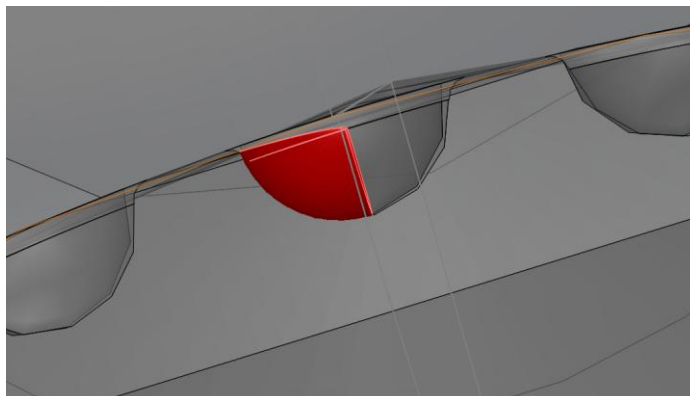


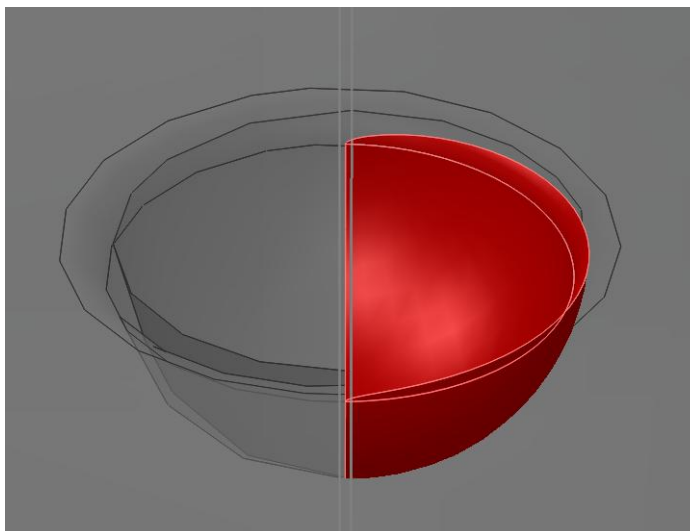
График зависимости интерференции от поворота шестерни

Расчет нагрузочной способности зубьев редуктора

Расчет будем производить по самому нагруженному зубу, т.е. зуб с большей интерференцией. Таковым зубом является 0 зуб.



Рассчитаем площадь интерференции. По картинке видно задействована четверть площади шара.



$$S = 4\pi r^2;$$

Где $r = 2,5$ мм – радиус зуба.

Искомая величина равна:

$$S_1 = \pi r^2 = 6,25 \cdot 3,14 = 19,625 \text{ мм}^2$$

$$\Delta r_i = \frac{W_i}{S_1}$$

$$\sigma = \varepsilon \cdot E$$

Где $E = 2,1$ ГПа – модуль Юнга для стали, $\varepsilon = \frac{\Delta r_i}{r}$ – относительное удлинение.

Получим следующие данные, которые сведем в таблицу 6.

Таблица 6

$W, \text{ мм}^3$	$\Delta r_i, \text{ мм}$	ε	$\sigma_i, \text{ МПа}$
0,14	0,007133758	0,002853503	5,992356688
0,29	0,01477707	0,005910828	12,41273885
0,44	0,022420382	0,008968153	18,83312102
0,59	0,030063694	0,012025478	25,25350318
0,75	0,038216561	0,015286624	32,10191083
0,9	0,045859873	0,018343949	38,52229299
1,06	0,054012739	0,021605096	45,37070064

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Перспективность научного исследования определяется коммерческой ценностью разработки, а не размером открытия. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

В ходе такой оценки решаются следующие задачи:

- разработка общей экономической идеи проекта, формирование концепции проекта;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

3.1. Предпроектный анализ.

3.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.

Волновые редукторы используются в механизмах, где нужны редукторы с малым весом и габаритами. Такие редукторы используются в таких промышленности: оборонная; космическая; горнодобывающая; пищевая; нефтяная; газовая.

Таким образом, данный тип редукторов широко распространен.

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок: промышленные компании.

		Наименование применяемого устройства на различных заводах	
		Волновые редукторы	Волновой бортовой редуктор
Размер компании в пределах России в зависимости от объёма выпускаемой продукции	Крупные		
	Средние		

Рис. 1. Карта сегментирования рынка по использованию амортизаторов для станков



НТЦ «Редуктор»



Сибмотор

По данной карте сегментирования видно, что крупные заводы не используют волновой бортовой редуктор. Так как данное устройство обладает патентной чистотой. Все это говорит о том, что рынок пуст. Имеется возможность внедрения в крупную или среднюю компанию нового устройства.

3.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Детальный анализ конкурирующих разработок помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Проведём данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в таблице 1. Где Б1 (К1) – баллы (конкурентноспособность) волнового бортового редуктора, Б2 и Б3 – баллы (конкурентноспособность) волновых редукторов компании НТЦ «Редуктор» и Сибмотор.

Таблица 1

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентноспособность		
		Б1	Б2	Б3	К1	К2	К3
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии ресурсоэффективности							
1. Производительность	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителя)	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
3. Компактность	0,1	5	5	2	0,5	0,5	0,2
4. Энергоэкономичность	0,1	5	3	2	0,5	0,3	0,2
5. Надёжность	0,05	5	3	2	0,05	0,03	0,02
6. Бесшумность	0,1	5	3	2	0,5	0,3	0,2
7. Простота эксплуатации	0,05	5	5	5	0,05	0,05	0,05
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентноспособность продукта	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	4	4	3	0,04	0,04	0,03
3. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	3	3	3	0,03	0,03	0,03
5. Послепродажное обслуживание	0,05	3	3	2	0,03	0,03	0,02
6. Срок выхода на рынок	0,05	3	2	2	0,03	0,02	0,02
ИТОГО:	1				3,53	2,7	2,07

По оценочной карте видно, что новое устройство является конкурентоспособным, так как по многим показателям превосходит своего конкурента. Главными достоинствами данного устройства являются:

компактность, энергоэкономичность, надежность, бесшумность и производительность.

3.1.3. SWOT – анализ.

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 2

Матрица SWOT - анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Компактность. С3. Бесшумность. С4. Надежность, способность долгое время обходиться без ремонта, в связи с улучшенной геометрией зубчатых колес.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Более высокая себестоимость. Сл2. Продукт не продавался.
Возможности: В1. Быстрое продвижение на рынок. В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Усовершенствование устройства	В1С1С2С3С4 – быстрое продвижение на рынок в связи с преимуществами данного устройства. В2С1С2С3С4- дополнительный спрос может появиться за счёт универсальности устройства.	В1Сл2 – может не быть быстрого продвижения на рынок так как ранее продукт не продавался, и потребители не знают о нем. В2Сл1Сл2 – появление дополнительного спроса может быть мало из-за несовершенства устройства.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Кризис У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции со стороны государства	У2С1С2С3С4 – возможность конкурировать в связи с хорошими показателями основных характеристик.	У1Сл1 – из-за более высокой себестоимости могут возникнуть проблемы с продажей данного устройства.

Таблица 3

Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	+
	B2	+	+	+	+
	B3	0	0	0	0

Таблица 4

Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	-	+
	B2	+	+
	B3	0	0

Таблица 5

Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы		C1	C2	C3	C4
	У1	0	0	0	0
	У2	+	+	+	+
	У3	0	0	0	0

Таблица 6

Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	0	0
	У2	0	0	0
	У3	0	0	0

3.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации.

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполним специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 7.

Таблица 7

Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	3
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	3
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	2
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	4
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	3
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15	Проработан механизм реализации научного проекта	2	2
	ИТОГО БАЛЛОВ	37	33

Итого получилось суммарное количество баллов по каждому направлению: 37 баллов – по степени проработанности научного проекта; 33

балла – по уровню, имеющихся знаний у разработчика. Согласно этим баллам, можно сказать, что перспективность данной разработки средняя.

3.1.5. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (как правило, владелец объектом интеллектуальной собственности), преследует то, куда в последующем он намерен направить полученный коммерческий эффект.

Итак, время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела магистерской диссертации – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности.

Выделяют следующие методы коммерциализации научных разработок.

1. Торговля патентными лицензиями;
2. Передача ноу-хау;
3. Инжиниринг;
4. Франчайзинг;
5. Организация собственного предприятия.
6. Передача интеллектуальной собственности;
7. Организация совместного предприятия, т.е. объединение двух и более лиц для организации предприятия.
8. Организация совместных предприятий, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение».

Перспективность данного научного исследования средняя, поэтому не все аспекты рассмотрены и изучены. Таким образом, для организации предприятия этого не достаточно (пункт 4 – 8 не подходят). Но так как основной научно-технический задел определен, этого достаточно для коммерциализации для следующих методов (пункты 1 - 3):

Торговля патентной лицензией; передача ноу-хау и инжиниринг.

Степени проработанности научного проекта и уровень знаний разработчика достаточно для реализации пунктов, которые были выбраны.

3.2. Планирование управления научно-техническим проектом.

3.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо оптимально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. Так как число исполнителей не превышает двух, то предпочтительным планированием работ является линейный график реализации проекта. Для его построения должны данные быть сведены в таблицу 8.

Таблица 8

Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка задачи	НР	НР – 100%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 80% И – 100%
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	НР – 100% И – 70%
Выбор методики проведения исследования	НР, И	НР – 100% И – 70%
Проведения исследования	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

3.2.2. Продолжительность этапов работ.

Для определения ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется вероятностный метод – метод двух оценок t_{min} и t_{max} .

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (1)$$

где t_{min} – минимальная трудоемкость работ, чел/дн.;

t_{max} – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Для выполнения перечисленных в таблице 1 работ требуются специалисты: студент в качестве инженера (И) и научный руководитель (НР).

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (2)$$

где $K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ ($K_{ВН} = 1$);

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ($K_{Д} = 1,2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (3)$$

где $T_{К}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (4)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 14$).

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,221.$$

В таблице 2 приведена длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Трудозатраты на выполнение проекта Таблица 9

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.-дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Постановка задачи	НР	4	7	5,2	6,24	–	7,61	–
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	14	16	14,8	5,32	17,76	6,49	21,68
Разработка календарного плана	НР, И	4	7	5,2	6,24	0,62	7,61	0,75
Обсуждение литературы	НР, И	6	8	6,8	6,52	8,16	7,96	9,96
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	9	18	12,6	15,12	10,58	18,46	12,91
Выбор методики проведения исследования	НР, И	14	16	14,8	17,76	12,43	21,68	15,17
Проведения исследования	И	15	18	16,2	–	19,44	–	23,73
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	12	15	13,2	–	15,84	–	19,34
Оформление графического материала	И	5	6	5,4	–	6,48	–	7,91
Подведение итогов	НР, И	7	9	7,8	5,61	9,36	6,84	11,42
Итого:				102	62,81	100,67	76,65	122,87

3.2.3. Расчет нарастания технической готовности работ.

Введем обозначения:

- $TP_{\text{общ.}}$ – общая трудоемкость проекта;
- $TP_i (TP_k)$ – трудоемкость i -го (k -го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;
- TP_i^H – накопленная трудоемкость i -го этапа проекта по его завершении;
- $TP_{ij}(TP_{kj})$ – трудоемкость работ, выполняемых j -м участником на i -м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, в нашем примере $m = 2$.

Степень готовности определяется формулой:

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}. \quad (5)$$

Применительно к таблице 2 величины $TP_{ij}(TP_{kj})$ находятся в столбцах (8, $j = 1$) и (9, $j = 2$). $TP_{\text{общ.}}$ равна сумме чисел из итоговых клеток этих столбцов. Пример расчета на основе этих данных содержится в таблице 10.

Таблица 10

Нарастание технической готовности работы и удельный вес этапов

Этап	$TP_i, \%$	$CG_i, \%$
Постановка задачи	3,81	3,81
Подбор и изучение материалов по тематике	14,11	17,93
Разработка календарного плана	4,19	22,12
Обсуждение литературы	8,98	31,1
Выбор структурной схемы устройства	15,72	46,82
Выбор методики проведения исследования	18,46	65,29
Проведения исследования	11,89	77,19
Оформление расчетно-пояснительной записки	9,69	86,77
Оформление графического материала	3,96	90,84
Подведение итогов	9,15	100

Календарный план-график приведен в таблице 11.

Таблица 11

Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Этап	НР	И	Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	
1	7,61	–														
2	6,49	21,68														
3	7,61	0,75														
4	7,96	9,96														
5	18,46	12,91														
6	21,68	15,17														
7	–	23,73														
8	–	19,34														
9	–	7,91														
10	6,84	11,42														

НР –  –  ;

3.2.4. Бюджет научного исследования.

В состав затрат на создание проекта включается стоимость всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости на выполнение данной разработки производится по следующим статьям затрат:

- материальные затраты НТИ;
- затраты по основной заработной плате исполнителей темы;
- затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы;
- отчисления внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- накладные расходы (прочие расходы).

3.2.4.1. Расчет материальных затрат НТИ

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам и приведена в таблице 12.

Таблица 12

Расходные материалы

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма
Бумага для принтера формата А4	250	1 уп.	250
Ручка шариковая	20	2 шт.	40
Карандаш	20	2 шт.	40
ИТОГО:			290

Расходы на материалы составили $C_{mat} = 290$ рублей.

3.2.4.2. Основная заработная плата исполнителей.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 13.

Таблица 13

Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапа	Исполнители	Трудоемкость, чел.-дн		Заработная плата на один чел.-дн., тыс. руб.	
			НР	И	НР	И
1	Постановка задачи	НР	6,24	–	1741,89	–
2	Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	5,32	17,76	1741,89	841,38
3	Разработка календарного плана	НР, И	6,24	0,62	1741,89	841,38
4	Обсуждение литературы	НР, И	6,52	8,16	1741,89	841,38
5	Выбор структурной схемы устройства	НР, И	15,12	10,58	1741,89	841,38
6	Выбор методики проведения исследования	НР, И	17,76	12,43	1741,89	841,38
7	Проведения исследования	И	–	19,44	–	841,38
8	Оформление расчетно- пояснительной записки	И	–	15,84	–	841,38
9	Оформление графического материала	И	–	6,48	–	841,38
10	Подведение итогов	НР, И	5,61	9,36	1741,89	841,38
Всего заработная плата по тарифу, тыс. руб					109739,07	84979,38

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (6)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{доп}$) руководителя (лаборанта, инженера) от **предприятия** (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (7)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_M \cdot M}{F_d}, \quad (8)$$

где $З_M$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 рабочих дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 рабочих дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, рабочие дни (таблица 14).

Согласно таблице окладов ППС и НС[1].

$З_M = 33162,87$ руб. – месячный оклад руководителя.

$З_M = 14874,45$ руб. – месячный оклад студента в роли младшего научного сотрудника.

Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	106 14	106 14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезням	48 -	48 -
Действительный годовой фонд рабочего времени	198	198

$$З_{ДН1} = \frac{З_M \cdot M}{F_D} = \frac{33162,87 \cdot 10,4}{198} = 1741,89 \text{ руб.} - \text{заработная плата}$$

руководителя за 1 день;

$$З_{ДН2} = \frac{З_M \cdot M}{F_D} = \frac{14874,45 \cdot 11,2}{198} = 841,38 \text{ руб.} - \text{заработная плата студента за}$$

1 день.

$$З_{ОСН1} = 1741,89 \cdot 63 = 109739,07 \text{ руб.} - \text{руководитель};$$

$$З_{ОСН1} = 841,38 \cdot 101 = 84979,38 \text{ руб.} - \text{студент.}$$

$$З_{ЗП1} = 109739,07 + 16460,86 = 126199,93 \text{ руб.} - \text{руководитель};$$

$$З_{ЗП2} = 84979,38 + 12746,91 = 97726,29 \text{ руб.} - \text{студент.}$$

3.2.4.3. Дополнительная заработная плата исполнителей.

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}, \quad (9)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). Примем $k_{доп} = 0,15$:

$$З_{доп1} = 0,15 \cdot 109739,07 = 16460,86 \text{руб.} - \text{руководитель};$$

$$З_{доп2} = 0,15 \cdot 84979,38 = 12746,91 \text{руб.} - \text{студент.}$$

3.2.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (10)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году вводится пониженная ставка – 27,1%¹.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табличной форме (таблица 15).

Таблица 15

Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	109739,07	16460,86
Студент-дипломник	84979,38	12746,91
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%	27,1%
Итого	$34200,18 + 26483,82 = 60684$	

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн1} + З_{доп1}) = 126199,93 \cdot 0,271 = 34200,18 \text{руб.} - \text{руководитель};$$

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн2} + З_{доп2}) = 97726,29 \cdot 0,271 = 26483,82 \text{руб.} - \text{студент-дипломник.}$$

¹Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

3.2.4.5. Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию при работе оборудования. Затраты на электроэнергию при работе оборудования для технологических целей рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E}_{об} = P_{об} \cdot \mathcal{C}_э \cdot t_{об}, \quad (11)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\mathcal{C}_э$ – тарифная цена за 1 кВт·час, $\mathcal{C}_э = 5,257$ руб/кВт·час;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Время работы оборудования вычисляется на основе данных для $T_{р\text{д}}$ табл.2 для инженера из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{р\text{д}} \cdot K_t, \quad (12)$$

где $K_t = 0,6$ – коэффициент использования оборудования по времени

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{уст.об} \cdot K_c, \quad (13)$$

где $P_{уст.об}$ – установленная мощность оборудования, кВт;

K_c – коэффициент спроса, зависящий от количества, загрузки групп электроприемников. Так как в данном случае группа состоит всего из одного электроприемника примем $K_c = 1$.

Затраты на электроэнергию для технологических целей приведены в таблице 16.

Таблица 16

Затраты на электроэнергию для технологических целей

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $\mathcal{E}_{об}$, руб.
Персональный компьютер	808*0,6	0,3	764,57
Струйный принтер	30	0,1	15,77
Итого:			780,34

Таким образом, затраты на электроэнергию составили:

$$C_{\text{эл.об.}} = 780,34 \text{ рублей.}$$

3.2.4.6. Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» от используемого оборудования рассчитывается амортизация за время выполнения работы для оборудования, которое имеется в наличии.

Амортизационные отчисления рассчитываются на время использования ЭВМ по формуле:

$$C_{AM} = \frac{H_A * C_{OB} * t_{pf} * n}{F_D}, \quad (14)$$

где H_A – годовая норма амортизации;

C_{OB} – цена оборудования;

F_D – 298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе, 8 часов рабочий день, $F_D = 298 * 8 = 2384$ часа;

t_{BT} – время работы оборудования;

n – число задействованных ПЭВМ, $n = 2$.

Стоимость ПК 45000 руб., время использования 808 часов, тогда для него $C_{AM}(ПК) = (0,4 * 45000 * 808 * 1) / 2384 = 6100,67$ руб.

Стоимость принтера 12000 руб., его $F_D = 500$ час.; $H_A = 0,5$; тогда

$$C_{AM}(Пр) = (0,5 * 12000 * 30 * 1) / 500 = 360 \text{ руб.}$$

Итого начислено амортизации 6460,67 руб.

3.2.4.7. Накладные расходы.

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергия, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма пунктов } 1 \div 7) * k_{\text{нр}}, \quad (11)$$

$k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

3.2.4.8. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 17.

Таблица 17

Расчёт бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	290	Пункт 3.2.4.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	194718,45	Пункт 3.2.4.2.
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	29207,77	Пункт 3.2.4.3.
4. Отчисления во внебюджетные фонды	60684	Пункт 3.2.4.4.
5. Расходы на электроэнергию	780,34	Пункт 3.2.4.5.
6. Амортизационные отчисления	6460,67	Пункт 3.2.4.6.
7. Накладные расходы	46742,6	16 % от суммы ст. 1-6
8. Бюджет затрат НТИ	338883,83	Сумма ст. 1- 7

3.3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Так как работа носит чисто исследовательский характер, то есть характер и масштабы использования её результатов на данный момент чётко не определены, то оценка экономического эффекта (а следовательно и эффективности) в данном случае не корректна.

3.4. Заключение

В данной главе НИР при оценке конкурентоспособности волнового редуктора было выявлено, что устройство является конкурентоспособным, так как по многим показателем превосходит своего конкурента. Главными достоинствами данного устройства являются: компактность, энергоэкономичность, надежность, бесшумность и производительность. Построена матрица SWOT – анализа, согласно которой можно увидеть сильные и слабые стороны проекта, а также угрозы и возможности. Перспективность разработки средняя и выбраны следующие методы коммерциализации результатов исследования – торговля патентной лицензией, передача ноу-хау, инжиниринг. Также был рассчитан бюджет затрат НТИ, который составил 338883,83 рубля.

Социальная ответственность.

В данном разделе НИР рассмотрены вопросы, связанные с безопасностью и охраной окружающей среды в учебной аудитории. Также отразим ценность исследования и социальная ответственность работодателя (Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет).

Ценность исследования для производства и общества.

Область применения волновых редукторов весьма обширна: средства автоматизации и системы управления, устройства регулирования, автоматические и автоматизированные системы управления, следящие мини-приводы, средства обработки и представления информации, специальные инструменты, медицинская техника. Ни один механизм, который имеет узлы вращения, не обходится без редуктора.

Одной из важнейшей задачи для развития машиностроения является – создание новых образцов высокопроизводительного оборудования. И решение данной задачи зависит от качества проектирования наиболее нагруженных элементов трансмиссий машин – зубчатых колес. Другими словами, исследование волнового редуктора решает данную задачу.

Таким образом, ценность исследования волнового редуктора очень велика.

Социальная ответственность работодателя.

Исследования по данной тематике проводились в Томском политехническом университете, который обеспечил компьютерными классами с необходимым программным обеспечением для исследования математических моделей. В данном случае исследования производились в 16А корпусе 208 аудитории на кафедре АРМ НИ ТПУ.

Все компьютеры, на которых проводятся исследования, оснащены двумя мониторами, что в свою очередь очень удобно и повышает производительность труда студентов.

Опишем факторы, влияющие на человека, работающего за персональным компьютером. Также какие существуют требования и

рекомендации по минимизации их воздействия. Рассмотрим вопросы, затрагивающие освещение рабочего места, кондиционирование, шум и облучение компьютеров.

Как и все приборы, потребляющие электроэнергию, компьютер испускает электромагнитное излучение. Электромагнитное излучение (электромагнитные волны)— это распространяющееся в пространстве возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля.

Среди электромагнитных полей вообще, порождённых электрическими зарядами и их движением, принято относить собственно к излучению ту часть переменных электромагнитных полей, которая способна распространяться наиболее далеко от своих источников — движущихся зарядов, затухая наиболее медленно с расстоянием.

Электромагнитные волны подразделяются на: радиоволны (начиная со сверхдлинных), терагерцовое излучение, инфракрасное излучение, видимый свет, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение и жёсткое (гамма-излучение).

Электростатическое поле и рентгеновское излучение действительно отсутствуют у жидкокристаллических экранов, но электронно-лучевая трубка - не единственный источник электромагнитных излучений. Генерировать поля могут преобразователь напряжения питания, схемы управления и формирования информации на дискретных жидкокристаллических экранах и другие элементы аппаратуры.

Электромагнитное излучение имеет меньшее воздействие с увеличением расстояния от источника до объекта. А так как проводим длительное время за компьютером, влияние излучения велико.[2]

В процессе труда оператор ПК сталкиваются с воздействиями следующих вредных и опасных производственных факторов:[2]

- 1) физические:
 - электромагнитное излучение;
 - статическое электричество;

- запыленность воздуха рабочей зоны;
 - аэроионный состав воздуха;
 - микроклимат;
 - виброакустические факторы;
 - уровень освещенности;
 - распределения яркости в поле зрения;
 - яркость светового изображения;
 - пульсации светового потока;
 - возможность замыкания электрической цепи через тело человека;
- 2) психофизиологические:
- напряжение зрения;
 - напряжение внимания;
 - интеллектуальные нагрузки;
 - эмоциональные нагрузки;
 - длительные статические нагрузки;
 - монотонность труда;
 - большой объем информации обрабатываемой в единицу времени;
 - нерациональная организация рабочего места.

Производственная санитария

К работе за ПК допускаются: прошедшие вводный инструктаж по охране труда, прошедшие обучение по работе с вычислительной техникой и прошедшие инструктаж по работе на конкретном рабочем месте.

Помещение должно в первую очередь соответствовать количеству работающих и размещаемому в нём оборудованию и комплексу технических средств. В нём предусматривают соответствующие параметры температуры, освещения, чистоты воздуха и т.д.

На современных ПК установлена встроенная защита, поэтому дополнительная защита (экранный защитный фильтр, специальные спектральные очки) не требуется для оператора. Перед началом и после работы помещение должно быть проветрено, для обеспечения лучшего качества состава воздуха и аэрионного режима. Также должна производиться влажная уборка помещения – 2 раза в день (так как в аудитории находится более 5 единиц ПК).

Продолжительность работы за ПК не должна превышать 4 часов при 8 часовом рабочем дне. Также через каждый час работы должен быть перерыв на 5 – 10 минут, а через 2 часа - на 15 минут.

Площадь помещения на одного работника составляет не менее 6 м³, соответственно объём помещения не менее 20 – 24 м³ на одного человека, высота – 4 м.

Микроклимат

Одним из необходимых условий здорового и высокопроизводительного труда является обеспечение чистоты воздуха и нормальных условий в помещении.

Нормируется следующим документом СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

Таблица 1

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia(до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб(140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
	IIa(175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
	IIб(233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
	III(более 290)	16-18	15-19	60-40	0,3
Теплый	Ia(до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб(140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1
	IIa(175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2
	IIб(233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2
	III(более 290)	18-20	17-21	60-40	0,3

Выделяют оптимальные и допустимые микроклиматические условия. «Оптимальные условия – это такое сочетание параметров микроклимата, которое при длительном и систематическом воздействии вызывает у человека

ощущение теплового комфорта и создает предпосылки для высокой работоспособности.

Допустимые условия – это такое сочетание параметров микроклимата, которое при длительном и систематическом воздействии вызывает у человека напряжение реакций терморегуляции, которые не выходят за пределы физиологических возможностей.

Оптимальные условия регулируются системами кондиционирования воздуха, а допустимые – обычными системами вентиляции и отопления».

Обычно температура в помещении поддерживается по принципу холодно/жарко. Если жарко, открывается форточка или окно. В ТПУ для обеспечения комфортной работы студентов, компьютерные классы оснащены кондиционерами.

Аэроионный состав воздуха

При работе компьютер образует электростатическое поле вокруг себя, что вызывает деионизацию окружающей среды. А при нагревании платы и корпуса монитора происходит испускание вредных веществ в воздух. Все это делает воздух сухим и слабо ионизированным, что может привести к болезням аллергического характера, заболеваниям органов дыхания и другим расстройствам. Таким образом уровень ионизации воздуха (аэроионизации) играет важную роль в трудовой деятельности.

Ионизация воздуха - это процесс превращения нейтральных атомов и молекул газов и других компонентов воздушной среды в ионы, т.е. в электрические заряженные частицы, несущие как положительные (аэроионы положительной полярности), так и отрицательные (аэроионы отрицательной полярности) заряды.

Кроме полярности, аэроионы подразделяются по подвижности. Различают:

- легкие аэроионы с подвижностью 0,5-2 см/с : В/см²;
- средние - 0,5-0,01 см/с : В/см²;
- тяжелые - 0,0001-0,01 см/с : В/см².

Параметры ионизации воздуха характеризуют его качество. В связи с этим они должны контролироваться на рабочих местах и соответствовать гигиеническим нормативам. К нормативным документам относятся:

- СанПиН 2.2.4.1294-03 «Гигиенические требования к аэроионному составу производственных и общественных помещений» (документ рекомендательного характера);

- МУК 4.3.1675-03 «Общие требования к проведению контроля аэроионного состава воздуха».

Нормируемыми показателями аэроионного состава воздуха производственных и общественных помещений являются:

- концентрация аэроионов (минимально допустимая и максимально допустимая) обеих полярностей ρ^+ и ρ^- , определяемая как количество аэроионов в 1 см³ воздуха (ион/см³);

- коэффициент униполярности U (минимально допустимый и максимально допустимый), определяемый как отношение концентрации аэроионов положительной полярности к концентрации аэроионов отрицательной полярности.

В зонах дыхания персонала на рабочих местах, где имеются источники электростатических полей (видеодисплейные терминалы или другие виды оргтехники), допускается отсутствие аэроионов положительной полярности.

Эти требования распространяются и на производственные помещения, оснащенные механической приточно-вытяжной вентиляцией, кондиционерами, фильтрами и другими системами очистки воздуха.

В частности, аэроионный состав воздуха контролируется при вводе в эксплуатацию рабочих мест в названных выше помещениях в плановом порядке (не реже раза в год), при аттестации рабочих мест и при вводе в эксплуатацию аэроионизирующего оборудования.

Значения нормируемых показателей концентрации аэроионов и коэффициента униполярности приведены в табл. 2. (согласно СанПиН 2.2.4.1294-03).

Нормируемые показатели аэроионного состава воздуха

Таблица 2.

Нормируемые показатели	Концентрация аэрионов, ρ (ион/см ³)		Коэффициент униполярности Y
	Положительной полярности	Отрицательной полярности	
Минимально допустимые	$\rho^+ \geq 400$	$\rho^- > 600$	$0,4 \leq Y < 1,0$
Максимально допустимые	$\rho^+ < 50000$	$\rho^- \leq 50000$	

Акустические факторы

С физиологической точки зрения шум рассматривают как звук, мешающий разговорной речи и негативно влияющий на здоровье человека.

Действие акустических шумов сопровождается сдвигами в состоянии сердечно-сосудистой системы. Установлено, что выраженность ухудшения таких показателей, как острота зрения, устойчивость ясного видения, контрастная чувствительность зависит как от интенсивности шума, так и от длительности его воздействия.

Шумы в рассматриваемом помещении возникают как от внутренних источников, так и от внешних раздражителей. К внутренним источникам относятся стенды, находящиеся в данном помещении. Под воздействием шума вначале понижается острота и тонкость слуха; в дальнейшем при длительном действии шума развиваются патологические изменения в органе слуха.

Согласно СП 2.2.4/2.1.8.562-96 Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в,дБА.

Таблица 3

Категория	Категория тяжести трудового процесса
-----------	--------------------------------------

напряженности трудового процесса	Легкая физическая нагрузка	Средняя физическая нагрузка	Тяжелый труд 1 степени	Тяжелый труд 2 степени	Тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

В данном случае, род занятий оператора ПК относится непосредственно с умственной деятельности. Таким образом, согласно СП 2.2.4/2.1.8.562-96 Предельно допустимые уровни звукового давления для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест.

Таблица 4

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц.									Уровень звука и эквивалентный уровень звука
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Творческая и научная деятельность,конструиро вание и проектирование, программирование. Рабочие места программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Защита от шума по СП 51.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.

Освещение на рабочем месте

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Согласно санитарно-гигиеническим требованиям рабочее место оператора должно освещаться как естественным, так искусственным освещением. Естественное освещение проникает в помещение через два окна в светлое время суток. Естественное освещение по своему спектральному составу является наиболее приемлемым. Искусственное же отличается относительной сложностью восприятия его зрительным органом человека.

Недостаточная освещенность рабочего места не только уменьшает остроту зрения, но и вызывает утомление организма в целом, что приводит к снижению производительности труда и увеличению опасности заболеваний человека. Помимо этого, дополнительное напряжение глаз создаётся принципом работы монитора, т.е., обычно глаз воспринимает отражение света от предметов, монитор же сам является источником света. К этому прибавим очень редкое моргание глаза, блики на экране.

При работе с персональным компьютером в сочетании с работой с нормативной и технической документацией согласно нормам СП 52.13330.2011 регламентируется максимальная искусственная освещенность рабочих мест в 400 лк при общем освещении (таблица 2 - помещение для работы с дисплеями и видеотерминалами, залы ЭВМ).

Аудитория, в которой проводились исследования, оснащена люминисцентными лампами. Люминесцентные лампы являются самыми распространёнными газоразрядными лампами, имеющие форму цилиндрической трубки.

Тщательный и регулярный уход за установками естественного и искусственного освещения имеет большое значение для создания рациональных условий освещения, в частности, обеспечения требуемых величин освещённости без дополнительных затрат электроэнергии.

В установках с люминесцентными лампами необходимо следить за исправностью схем включения, своевременно нужно заменять перегоревшие лампы. Следует проверять уровень освещённости в контрольных точках производственного помещения не реже 1 раза в год.

Влияние электромагнитных полей

По некоторым исследованиям считается, что электромагнитное поле компьютера может вызвать расстройство нервной системы, снижение иммунитета, расстройства сердечнососудистой системы и аномалии в процессе беременности.[--]

Нормируемыми параметрами электромагнитных полей являются напряжённости E и H . Предельно допустимая напряжённость электромагнитного поля на рабочих местах не должна превышать в течение рабочего дня по электрической и магнитной составляющей нормативов ГОСТ 12.1.006-84, по продолжительности воздействия нормативов ГОСТ 12.1.002-84, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03:

- напряженность электростатического поля $<15 \text{ кВ/м}$
- напряженность переменного электрического поля $f=2 \text{ Гц}-2 \text{ кГц} - <25 \text{ В/м};$
- напряженность переменного электрического поля $f=2 \text{ кГц}-400 \text{ кГц} - <2,5 \text{ В/м};$
- плотность потока переменного магнитного поля $f=2 \text{ Гц}-2 \text{ кГц} - <250 \text{ нТл};$
- плотность потока переменного магнитного поля $f=2 \text{ кГц}-400 \text{ кГц} - <25 \text{ нТл}.$

Электроприборы являются источниками разнообразных излучений: мягкого рентгеновского, ультрафиолетового излучений; радиочастотного диапазона, сверх и инфранизкочастотного; электростатических полей.

Оценка фактических значений электромагнитных излучений, при невозможности проведения измерений, может быть приведена по паспорту

стенда, либо по данным о характеристиках рентгеновского излучения, генерируемого электроприборами и установками.

Эргономика

Проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами, относится к числу важных проблем эргономического проектирования в области вычислительной техники.

Рабочее место и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности, при организации рабочего места программиста должны быть соблюдены следующие основные условия: оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места и достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения.

Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места

Главными элементами рабочего места оператора являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя.

Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление человека. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Моторное поле - пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека.

Максимальная зона досягаемости рук - это часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона - часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом.

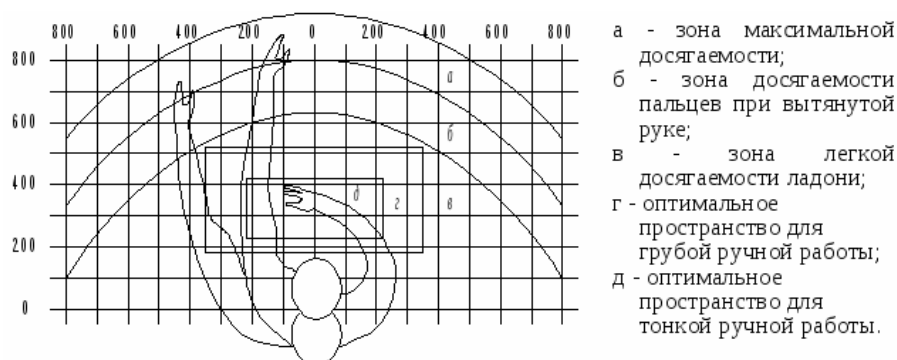


Рис. 1 - Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости

ДИСПЛЕЙ размещается в зоне **а**(в центре);

СИСТЕМНЫЙ БЛОК размещается в предусмотренной нише стола;

КЛАВИАТУРА - в зоне **г/д**;

«МЫШЬ» - в зоне **в**справа;

НАСТОЛЬНЫЙ НАБОР в зоне **а/б**(слева);

ПРИНТЕР находится в зоне **а**(справа);

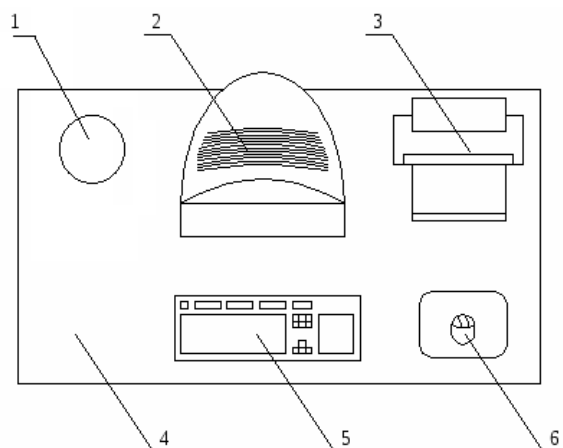


Рис. 2 - Пример размещения основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе

На рис. 2 отображены:

1 – настольный набор, 2 – монитор, 3 – принтер, 4 – поверхность рабочего стола, 5 – клавиатура, 6 – манипулятор типа «мышь».

Для комфортной работы стол должен удовлетворять следующим условиям:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы программист мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения программиста;
- конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков (не менее 3 для хранения документации, листингов, канцелярских принадлежностей).
- высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680-760мм.

Высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 650мм.

Большое значение придается характеристикам рабочего кресла. Рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола находится в пределах 420-550мм. Поверхность сиденья мягкая, передний край закругленный, а угол наклона спинки - регулируемый.

Необходимо предусматривать при проектировании возможность различного размещения документов сбоку от видеотерминала, между монитором и клавиатурой и т.п. Кроме того, в случаях, когда видеотерминал имеет низкое качество изображения, например заметны мелькания, расстояние от глаз до экрана делают больше (около 700мм), чем расстояние от глаза до документа (300-450мм). Вообще при высоком качестве изображения на видеотерминале расстояние от глаз пользователя до экрана, документа и клавиатуры может быть равным.

Положение экрана определяется:

Расстоянием считывания (0,6...0,7м); углом считывания, направлением взгляда на 20° ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Должна также предусматриваться возможность регулирования экрана:

по высоте +3 см;

по наклону от -10° до $+20^\circ$ относительно вертикали;

в левом и правом направлениях.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя. При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях. Требования к рабочей позе пользователя видеотерминала следующие:

голова не должна быть наклонена более чем на 20° ,

плечи должны быть расслаблены,

локти - под углом $80^\circ \dots 100^\circ$,

предплечья и кисти рук - в горизонтальном положении.

Причина неправильной позы пользователей обусловлена следующими факторами: нет хорошей подставки для документов, клавиатура находится слишком высоко, а документы - низко, некуда положить руки и кисти, недостаточно пространство для ног.

В целях преодоления указанных недостатков даются общие рекомендации: лучше передвижная клавиатура; должны быть предусмотрены специальные приспособления для регулирования высоты стола, клавиатуры и экрана, а также подставка для рук.

Существенное значение для производительной и качественной работы на компьютере имеют размеры знаков, плотность их размещения, контраст и соотношение яркостей символов и фона экрана. Если расстояние от глаз оператора до экрана дисплея составляет 60...80 см, то высота знака должна быть не менее 3мм, оптимальное соотношение ширины и высоты знака со-

ставляет 3:4, а расстояние между знаками – 15...20% их высоты. Соотношение яркости фона экрана и символов - от 1:2 до 1:15

Во время пользования компьютером медики советуют устанавливать монитор на расстоянии 50-60 см от глаз. Специалисты также считают, что верхняя часть видеодисплея должна быть на уровне глаз или чуть ниже. Когда человек смотрит прямо перед собой, его глаза открываются шире, чем когда он смотрит вниз. За счет этого площадь обзора значительно увеличивается, вызывая обезвоживание глаз. К тому же если экран установлен высоко, а глаза широко открыты, нарушается функция моргания. Это значит, что глаза не закрываются полностью, не омываются слезной жидкостью, не получают достаточного увлажнения, что приводит к их быстрой утомляемости.

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

Электробезопасность

Согласно Правил Устройств Электроустановок (ПУЭ) в отношении опасности поражения людей электрическим током помещение лаборатории является помещением без повышенной опасности, т.к. это сухие, беспыльные помещения с нормальной температурой воздуха.

Электрические установки, представляют для человека потенциальную опасность, так как в процессе эксплуатации или проведения профилактических работ, человек может коснуться токоведущих частей.

По классу напряжения установки в лаборатории относятся к установкам до 1000 В, СанПиН 2.2.2.542-96.

Важным местом с точки зрения электробезопасности является изоляция проводов. Качества изоляции могут ухудшиться из-за высокой влажности воздуха, а в результате возникновения короткого замыкания может произойти ее пробой. Во избежание этого, следует регулярно проводить профилактические работы. В нашем случае, мы можем наблюдать такое понятие, как статическое

электричество. Разрядные токи статического электричества, в основном, возникают при прикосновении к любому элементу оборудования. Для снижения зарядных величин статического электричества можно предложить изготовление полового покрытия из линолеумных материалов.

Основой организации безопасной эксплуатации электротехники является высокая техническая грамотность и сознательная дисциплина персонала, которые обязаны строго соблюдать организационные и технические мероприятия, а также приёмы и очередность выполнения эксплуатационных операций в соответствии НТД: Организационные мероприятия по обеспечению электробезопасности (в соответствии с МПОТ):

- проведение инструктажа;
- ведение журнала по ТБ;

Технические мероприятия по обеспечению электробезопасности (в соответствии с ПУЭ):

- защитное заземление;
- электрическое разделение сети;
- устройство защитного отключения.
- зануление.

Ответственным за электробезопасность при работе является руководитель, который во избежание несчастных случаев должен обеспечить пользователям безопасные условия работы, а также обязан проводить инструктаж по технике безопасности. Помимо выше перечисленного состояние здоровья руководителя устанавливается медицинским освидетельствованием при принятии на работу, а затем периодически один раз в 2 года.

Пожарная и взрывная безопасность

Помещения и здания по пожаровзрывной и пожарной опасности классифицируются на категории А, Б, В, Г и Д. Помещение лаборатории относится к категории В - пожароопасное, т.е. помещения, в которых горючие и трудно горючие вещества и материалы способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.

Согласно ПУЭ классом зоны пожароопасности этих помещений является П -Па, т.е. это зона, расположенная в помещениях, в которых обращаются твёрдые горючие вещества.

Степень защиты электрооборудования:

стационарное IP44,

передвижное IP54,

светильник IP20.

Мероприятия противопожарной профилактики:

1) Хранить информацию желательно в обособленных помещениях, оборудованных несгораемыми шкафами и стеллажами.

2) В помещениях, смежных с аудиторией для электроприборов, не желательно размещение помещений категории «А» и «В».

3) Система вентиляции должны быть оборудована устройством, обеспечивающим автоматическое отключение при пожаре.

4) Подачу воздуха к электрооборудованию, для охлаждения, необходимо предусматривать.

5) Система электропитания оборудования должна иметь блокировку, обеспечивающую отключение в случае неисправности.

6) Работы по ремонту узлов оборудования должны производиться в отдельных помещениях.

7) Необходимо производить очистку от пыли всех аппаратов и узлов электрооборудования (желательно раз в месяц).

8) В помещении лаборатории должна предусматриваться автоматическая пожарная сигнализация, также необходимо устанавливать реле реагирующее на дым.

Средства пожаротушения подразделяются на:

- организационные (вынужденная эвакуация людей при пожаре);
- эксплуатационные (вода, водо-химические растворы, огнетушащие пены, инертные газы, ингибиторы и флегматизаторы и т.д.);

- режимные (системы автоматической сигнализации и автоматического пожаротушения, противодымовая защита).

Для обеспечения пожаробезопасности аудитории имеются два углекислотных огнетушителя типа ОУ-5 (согласно ГОСТ 12.1.004-88 ССБТ). Установлена система автоматической пожарной сигнализации (реагирует на появление дыма, кроме того она формирует сигнал на включение системы аварийной вентиляции дымоудаления, других устройств). В коридоре установлен пожарный кран.

Организационные меры:

Во избежание пожаров необходимо периодически производить инструктаж с пользователями по пожаробезопасности, недопустимо приносить и хранить в комнатах взрывопожароопасные вещества и материалы. При обнаружении пожара, необходимо:

- вызвать пожарную охрану по «01»;
- обеспечить вынужденную эвакуацию всех людей;
- до прибытия команды ПО принять все необходимые меры по тушению пожара.

Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов. Технический прогресс постоянно увеличивает возможности воздействия на окружающую среду и создает предпосылки для возникновения экологических кризисов. Поэтому в настоящее время вопросы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов имеют первостепенное значение.

Проблему с выбросом перегоревших люминесцентных ламп можно частично решить при выполнении требований утилизации соответствующих ламп.

При написании исследовательской работы вредных выбросов в атмосферу, почву и водные источники не производилось, радиационного заражения не произошло, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому существенных воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Защита населения—главная задача гражданской обороны. Она представляет собой комплекс мероприятий, имеющих цель не допустить поражение людей ядерным, химическим и бактериологическим оружием или максимально ослабить степень их воздействия, а также предотвратить последствия стихийных бедствий, аварий, катастроф.

Из-за многообразия поражающих факторов можно выделить лишь наиболееобщие мероприятия, направленные на обеспечение безопасности жизнедеятельности населения в ЧС:

- 1) Непрерывное наблюдение и лабораторный контроль за радиоактивным, химическим и биологическим заражением объектов внешней среды, наблюдение за опасными природными явлениями, прогнозирование обстановки в зонах экологического, бедствия.
- 2) Оповещение населения об угрозе нападения противника, радиоактивного заражения, катастрофического затопления, о химическом или биологическом заражении.
- 3) Применение средств индивидуальной защиты и медицинских средств защиты.
- 4) Применение режимов защиты людей на зараженной территории.
- 5) Эвакуация населения.

6) Проведение специальных профилактических и санитарно-гигиенических мероприятий, направленных на предотвращение массовых инфекционных заболеваний.

7) Обучение населения способам защиты в очагах поражения.

8) Принятие мер по недопущению употребления населением зараженных продовольствия и воды.

9) Ликвидация заражения в очаге поражения.

Основные способы защиты населения

1. Укрытие населения в защитных сооружениях.

2. Эвакуация населения.

3. Рассредоточение.

4. Обеспечение всего населения СИЗ.

Укрытие в защитных сооружениях обеспечивает различную степень защиты от поражающих факторов ядерного, химического и биологического оружия. Этот способ обеспечивает надежную защиту и вместе с тем практически исключает в период укрытия производственную деятельность объектов.

Этот способ применяется при непосредственной угрозе применения оружия массового поражения и при внезапном нападении противника

Эвакуация населения—комплекс мероприятий по организованному выводу и вывозу всеми видами имеющегося транспорта из городов и размещение его в загородной зоне.

Рассредоточение—комплекс мероприятий по организованному вывозу (выводу) из городов и размещение в загородной зоне для проживания и отдыха рабочих и служащих объектов экономики, продолжающих свою деятельность в особых условиях.

Рассредоточение и эвакуация людей планируются и проводятся по производственно-территориальному принципу, т.е. по объектам и по месту жительства. Предусматривается комбинированный способ эвакуации,

обеспечивающий ее проведение в сжатые сроки. При этом используются все виды имеющегося транспорта, независимо от форм собственности.

В первую очередь вывозятся медицинские учреждения; лица, которые не могут передвигаться пешком, а также рабочие и служащие свободных смен предприятий, продолжающих свою деятельность в чрезвычайных ситуациях. Все остальные выводятся пешком.